

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11289296 A**

(43) Date of publication of application: 19.10.99

(51) Int. CI

H04B 10/02

G02F 1/11

H04B 10/17

H04B 10/16

H04J 14/00

H04J 14/02

(21) Application number: 10090383

(22) Date of filing: 02.04.98

(71) Applicant: **FUJITSU LTD**

(72) Inventor: ONAKA HIROSHI
MIYATA HIDEYUKI
OTSUKA KAZUE
KAI TAKETAKA
NAKAZAWA TADAO
CHIKAMA TERUMI

(54) OPTICAL TRANSMISSION EQUIPMENT,
OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM AND
OPTICAL TERMINAL STATION

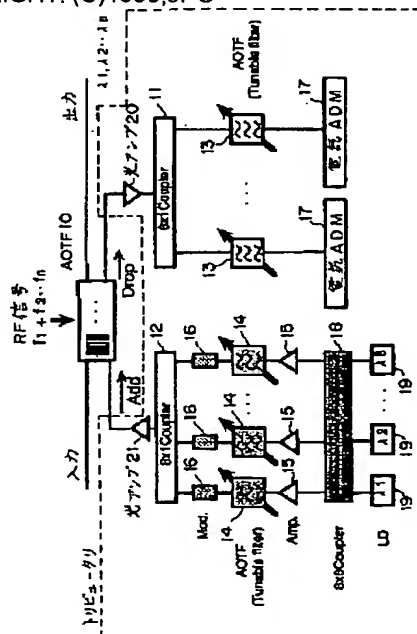
extracted from a through optical signal by the AOTF 10.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical wavelength multiplex network using an AOTF and having high reliability and high cost performance and a device to be used for the network.

SOLUTION: In the case of constituting an OADM device in an OADM system, an AOTF 10 is used. The AOTF 10 can select an optional wavelength by changing the frequency of an RF signal to be impressed. The AOTF 10 can drop an optical signal of specific wavelength out of a wavelength multiplex optical signal inputted from an input or synthesize a wavelength multiplex signal inputted from an addport with a through optical signal. In practical device constitution, it is realistic to use the AOTF 10 only for drop while considering the increment of coherent crosstalk. Or in another method, a dropped optical signal is branched by a photocoupler, wavelength is selected by a tributary station and the wavelength selected by the tributary station is



THIS PAGE BLANK (USPTO)

特開平11-289296

公開特許公報 (A)

(19) 日本国特許庁(JP)

特開平11-289296

(43) 公開日 平成11年(1999)10月19日

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	F I	OL	審査請求	未請求	請求項の数	4 3
H 0 4 B	10/02	H 0 4 B	9/00	U			
G 0 2 F	1/11	G 0 2 F	1/11	J			
H 0 4 B	10/17	H 0 4 B	9/00	E			
H 0 4 J	10/16						
H 0 4 J	14/00						
(21) 出願番号	特願平10-90383	(71) 出願人	000005223	(71) 出願人	000005223	(71) 出願人	000005223
(22) 出願日	平成10年(1998)4月2日	富士通株式会社	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号	富士通株式会社	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号	富士通株式会社	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
		尾中 寛	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号	尾中 寛	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号	尾中 寛	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
		宮田 英之	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号	宮田 英之	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号	宮田 英之	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
		井理士 大 菅 義之	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号	井理士 大 菅 義之	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号	井理士 大 菅 義之	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

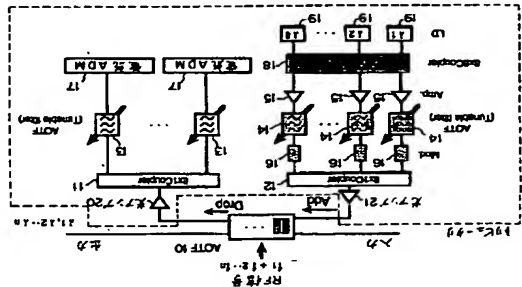
(54) 【発明の名称】 光伝送装置、光伝送システム及び光端局

(57) 【要約】

【課題】 AOTF を使用した信頼性、及びコストパフォーマンスの良い光波長多重ネットワーク及びそのための装置を提供する。

【解決手段】 OADM システムにおいて、OADM 装置を構成する際、AOTF 10 を使用する。AOTF は印加する R F 信号の周波数を変え、入力が入ってきた波長を選択することができる。入力が入ってきた波長多重光信号の中から特定の波長の光信号をドロップしたり、アドポートから入力された波長多重光信号をスルー光信号と合波することができる。ただし、コヒーレント光ネットワークを大きくすることを考えて、実際の装置構成においては、AOTF をドロップ専用を使用することが現実的である。あるいは、他の方法においては、ドロップ光信号は光カプラで分岐し、波長をトリビュタリ局で選択するようにし、トリビュタリ局で選択された波長を AOTF でスルー光信号から抽出するようにする。

AOTF を用いた OADM 装置の基本構成図 図 1



ルタで挿入されるべき光信号に対応する波長の分岐操作を行うことを特徴とする請求項10又は11に記載の光伝送装置。

【請求項17】 WDM光通信システムにおいて、分岐及び挿入すべき光信号を分岐・挿入する光伝送装置から分岐した光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光増幅局であって、

【請求項18】 前記光伝送装置へ伝送する光合波器を備えることを特徴とする光増幅局。

【請求項19】 前記光合波器の後段に分散補償器を備え、伝送路の分散を最適に補償することを特徴とする請求項17に記載の光増幅局。

【請求項20】 伝送に用いるすべての信号波長に対応する複数の光源を備え、該複数の光源の出力光を合波する合波器と、

該合波器による損失を補償する光増幅器と、伝送に用いる最大の信号波長数を最大とする希望の数で光を分散する分岐器と、

該分岐器により分散されたそれぞれの光について、所定の光波長を選択する光可変フィルタと、

該選択された光に変調信号を印加することによって任意数任意波長の光信号を生成し、前記光伝送装置に挿入すべき光信号として伝送する手段と、を備えることを特徴とする請求項17に記載の光増幅局。

【請求項21】 伝送路から伝送されてきた波長多重光信号のうち、所定の波長の光信号を分岐し、対応する波長の光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分岐された光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光増幅局とからなる光伝送システムにおいて、

【請求項22】 伝送路から伝送されてきた波長多重光信号を光増幅器と、

該光信号を所望の波長で分岐する光分岐器と、該光分岐器の出力のそれぞれに光フィルタとを備え、前記光増幅局は所定の光波長の信号を選択して受信することとを特徴とする光伝送システム。

【請求項23】 前記分岐器の出力のそれぞれに備える光フィルタを、選択波長を変換することのできる可変光フィルタとし、前記光増幅局で任意の波長の光信号を選択して受信することを特徴とする請求項20に記載の光伝送システム。

【請求項24】 分岐器の出力に備える可変光フィルタとして、1個のAOOTF、もしくは該AOOTFを複数段にカスケード接続したものを使用したことを特徴とする請求項21に記載の光伝送システム。

【請求項25】 前記光伝送装置において、伝送路への出力ポートにモニタ用の分岐ポートを設け、光信号の有無・波長・パワーを監視すると同時に、所望の波長の光信号を分岐するための波長選択フィルタへの制御信号の印

所定の光波長と光パワーになるように制御した後に、該増幅局の光送信器を駆動するシーケンス処理を有することを特徴とする光伝送システム。

【請求項30】 該光伝送装置では、光信号を分岐、挿入するかしいかに関わらず、スルーさせるとき以外は常にAOOTFにRFF信号を印加して光信号を分岐しておき、該増幅局では、1波分岐用AOOTFにRFF信号を印加しないことで、伝送路中のASEを削減し、パズなし状態を作り出すことを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項31】 各波長の光信号間にレベル差が発生している場合は、該光伝送装置では、光信号をスルーさせるときに分岐・挿入用AOOTFに印加する各RFF信号に微弱的なパワー差を付けてレベル差を付し、該増幅局では、1波分岐用AOOTFはRFF信号を印加しないことで、分岐された光信号を受信しないことにより、伝送路や光増幅局中継器、光デバイスで生じた各波長間のレベル差を補正することを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項32】 前記光伝送装置では、光信号を分岐、挿入するかしいか、及び、波長間レベル差補償するしないに関わらず、分岐・挿入用AOOTFに印加するRFF信号のノードレベルを一定にするために、RFF信号の印加が必要ないスルー状態の場合でも、運用中の光信号の波長帯域から十分外れた場所でRFF信号を印加しつつづけることを特徴とする請求項31に記載の光伝送システム。

【請求項33】 RFF信号をオンする際に、伝送路中に設けられる光増幅器で急激な光サージを発生させないためにRFF信号を所定のパワーまで段階的に立ち上げていくRFF発振器を備えることを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項34】 RFF信号制御回路内にROMを持ち、分岐時に前記光伝送装置内のAOOTFに印加するRFF信号のデータ、スルー時のRFF信号データなど複数のRFF信号の印加状態を蓄積しておき、ROMのデータを用いてRFF発振器の設定値を変更することで、同時に所定のRFF周波数とパワーを印加することが可能に構成を持ったことを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項35】 1波以上の光波長に送信信号を光強度変調して送出し、光増幅局中継伝送する光伝送装置、および、該光伝送装置に伝送路途中に伝送信号光の分岐、挿入機能を持つノードを有した光伝送システムにおいて、送信器で送信光に光位相変調もしくは光周波数変調する手段を有し、該送信器は、伝送路で波長が広がるチャーピングを行い、送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の間に伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手段を配置したことを特徴とする光伝送システム。

【請求項36】 各中継スパン毎あるいは、ノード毎のいずれかに伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手段

を配置したことを特徴とする請求項35に記載の光伝送システム。

【請求項37】 各中継スパン毎あるいはノード毎のいずれかに配置する分散補償手段の各分散補償量は分散補償間の伝送路の分散量に応じて設定することを特徴とする請求項36に記載の光伝送システム。

【請求項38】 波長分散値が正である伝送路を有することを特徴とする請求項35～37のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項39】 送信部で送信光に光位相変調もしくは光周波数変調する手段のチャーピングパラメータが+1近傍である送信器を有することを特徴とする請求項35～37のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項40】 送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の間に配置した分散補償量を伝送ルートに応じて変化させる機能を有する分散補償手段を有することを特徴とする請求項35～37のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項41】 伝送ルートに応じて分散補償量を変化させる分散補償手段を有することを特徴とする請求項35～37のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項42】 前記分散補償手段は、分散補償量の異なる、あるいは、分散補償量の同じ複数の分散補償器と、伝送されてきた光信号を所望の分散補償器に通わせる光切り替え手段と、を備え、

該光信号が通過する分散補償器の組み合わせを切り替えることにより、光信号が受けた分散補償量に応じて最適な分散補償を行うことを特徴とする請求項35に記載の光伝送システム。

【請求項43】 表面弾性波の作用を使って所望の波長の光信号を波長多重光信号の中から選択分岐、あるいは選択挿入するAOOTFにおいて、

該AOOTFの形成されている基板の表面であって、AOOTFの近傍に共振器を形成し、

該共振器の共振周波数の変化を検出することにより、該AOOTFの表面温度を計測し、該計測結果に基づいてRFF信号を制御して、該AOOTFの動作を安定化させることを特徴とするAOOTF制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波長分割多重光ネットワークに関する。

【0002】

【従来の技術】 将来のマルチメディアネットワークを目指し、さらなる超長距離・大容量の光通信システム、また、これを用いた光波ネットワークの構築が要求され研究開発が盛んに行われている。

【0003】 これまでに大容量化を実現する方式として、時分割多重 (Time-Division Multiplexing : TD

M) 方式、光領域での時分割多重 (Optical Time-Division Multiplexing: OTDM) 方式、波長分割多重 (Wavelength-Division Multiplexing: WDM) 方式等の研究が行われている。

【0004】これらの方式の中で、WDM方式は光ファイバの広帯域・大容量性を有効利用でき、さらに光合波器 (光フィルタ) を用いることにより変調方式・速度によらず伝送光信号を選択・分岐・挿入可能となり上記光波ネットワークの機能を實現できる。

【0005】すなわち、光波ネットワークではネットワーク上の各ノードで必要に応じて分岐・挿入 (Add/Drop Multiplexer: ADM)、伝送路を選択する光ルーティング、クロスコネクタを行う機能を持つ必要がある。

【0006】光信号の分岐・挿入を行うための装置としては、光ADD/DROP装置が研究開発されている。光ADD/DROP装置には、分岐・挿入を行う光信号の波長が固定されている波長固定型と任意の波長の光信号を分岐・挿入できる任意波長型とがある。

【0007】波長固定型は、例えば、サーキュレータとファイバグレーティングとからなっており、伝送されてきた光信号のうち特定の波長の光信号をファイバグレーティングで反射して、サーキュレータを用いて分岐するものである。挿入する場合には、挿入しようとする光信号をサーキュレータで一旦ファイバグレーティングに送り、ファイバグレーティングで特定の波長が反射され、伝送路を直進してきた光信号と合波するものである。

【0008】このような波長固定型においては、分岐・挿入する光信号の波長がシステム構築時に決定されてしまうために、光波ネットワークに対する多くの要求に対し十分に対応することができないという問題がある。

【0009】波長の波長をシステム構築後においても遠隔操作で変えることができるので、分岐・挿入する波長 (チャネル) を変えたいという要求にも容易に対応することができ。

【0010】図57は、光スイッチを用いた光ADM (OADM) 装置の構成の一例を示した図である。波長λ1～λnの波長多重光は入力側からデマルチプレクサ (DMUX) に入力され、各波長の光信号が分岐される。各波長の光信号は、各波長毎に設けられた2×2光スイッチに入力される。2×2光スイッチは、光路を切り替えることによって、各光信号を、直進させるか (スルーさせるか)、ドロップさせるかする。

【0011】2×2光スイッチでドロップされた光信号は、トリビュタリ局 (ブランチ局) に送信される。2×2光スイッチをスルーした光信号は、そのままマルチプレクサに入力され、波長多重光に多重化された出力される。2×2光スイッチによってドロップされた光信号は、トリビュタリ局に送られる。トリビュタリ局で

光信号に対して待つことになる。このようなバンドパスフィルタのような特性のデバイスを実列に接続すると、バンドパスの値が必ずしも累積し、システム全体としてバンドパスの値が各波長について非常に低くなるという問題がある。従って、この問題を避けるようすれば、各光装置のバンドパスと厳密に一致させる必要があり、システム全体の設計及び調整作業が非常にシビアになってしまう。

【0016】また、光信号は、AM変調されているので、波長成分で見るとサイドバンドが生じている。このような光信号が、バンドパスの非常に狭くなったシステムを伝播すると、波形状化を起こし、光信号を受信側で受信できなくなる可能性がある。最悪の場合には、システムを光信号が伝播できないという事態も生じる。

【0017】このような問題は、全ての波長をマルチプレクサのようなもので一旦分波する構成を採用することによって起こる。従って、固定波長型のように、ファイバグレーティングを使用する場合には、ドロップする波長の光信号のみが抜き取られ、他の波長成分に対するファイバグレーティングの特性はフラットであるので、上記のようにシステム全体に渡ってのバンドパスが狭くなってしまいうという問題は生じない。

【0018】従って、ファイバグレーティングを使用し、OADM装置を構成することが考えられるが、ファイバグレーティング自体は、選択波長が固定されているので、任意波長型のOADM装置を構成する場合には、波長成分のファイバグレーティングと、それぞれのファイバグレーティングに対して設けられる光スイッチとが必要となる。これでは、やはり、装置として動作が重くなってしまう。

【0019】また、OADM装置は、電気のADM装置と組み合わせて信号を処理する必要があるため、電気ADM装置を始めから波長成分で用意しておくのでは、コストが大きくなってしまふ。従って、用意すべき電気ADM装置のコストとOADM装置のコストの合計ができるだけ小さくなるように構成しなければならない。

【0020】また、今日の波長多重数を増加しようという要求に対し、例えば、32波分の波長を扱うためのマルチクススイッチが現在存在せず、小さなスイッチを組み合わせなければならぬと言いう問題がある。このようにすると、スイッチが非常に大きくなってしまふ。装置の小型化を推進する上で障害となる。

【0021】上記のような問題を解決する方法として、音響光学学チューナブルフィルタ (Acousto-Optic Tunable Filter: AOTF) を使用することが考えられる。AOTFは、ファイバグレーティングのように、ドロップする波長の光のみ抽出するという動作をするので、スルーする光信号に対する波長特性はフラットであり、上記したような、バンドパスがシステム全体で狭くなってしまいうという問題が無い。また、ファイバグレーティン

グと異なり、ドロップする波長を任意に選択可能であるので、容易に任意波長型OADM装置を構成することもできる。また、AOTFは波長選択フィルタとしても使用できるため、通過波長固定型のバンドパスフィルタの代わりに、トリビュタリ局の波長選択フィルタとして使用可能であり、非常に用途の広いデバイスである。しかもコスト的にも有利であり、OADMシステムを構築するのに適したデバイスである。

【0022】本発明の問題は、AOTFを使用した信頼性、及びコストパフォーマンスのよい波長多重ネットワーク及びそのための装置を提供することである。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明の光伝送装置は、WDM通信システムにおいて、任意の波長の光信号を分岐したり、挿入したりする光伝送装置であって、分岐・挿入動作を行う第1の可変波長選択フィルタと、前記第1の可変波長選択フィルタで選択されなかった、分岐・挿入すべき光信号について分岐・挿入動作を行う第2の可変波長選択フィルタと少なくとも2つの可変波長選択フィルタを備え、複数の可変波長選択フィルタを用いて分岐・挿入すべき光信号の全てを分岐または挿入することを特徴とする。

【0024】本発明の光伝送装置は、WDM光通信システムにおいて、分岐及び挿入すべき光信号を分岐・挿入する光伝送装置から分岐した光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光伝送装置であって、所定の波長の光信号を、所望の数だけ合波し、挿入すべき光信号として前記光伝送装置へ伝送する光合波器を備えることを特徴とする。

【0025】本発明の光伝送システムは、伝送路から伝送されてきた波長多重光信号のうち、所定の波長の光信号を分岐し、対応する波長の光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分岐された光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光伝送装置とからなる光伝送システムにおいて、該光伝送装置で分岐された光信号を必要に応じて増幅する光増幅器と、該光信号を所望の数までパワー分岐する光分波器と、該光分波器の出力のそれぞれに光フィルタとを備え、前記光伝送装置は、所定の光波長の信号を選択して受信することを特徴とする。

【0026】本発明の他の側面の光伝送システムは、伝送路から光信号を分岐、あるいは伝送路へ光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分岐された光信号を受信し、該光伝送装置に挿入すべき光信号を送信する伝送装置とからなる光ネットワークにおいて、該ネットワークの1波選択用AOTFに所定のRFF周波数を印加し、該1波選択用AOTFが安定化したことを確認した後、該光伝送装置の分岐・挿入用AOTFに所定のRFF周波数を印加して所定の光信号を分岐し、光スペクトル

モニタで所定の光信号が分岐されたことを確認した後、該端局の1波挿入用AOTFに所定のRF周波数を印加し、1波挿入用AOTFの動作が安定し、且つ、光スベクトルモニタで監視した挿入すべき光信号が所定の光波長と光パワーになるように制御した後に、該端局の光送信器を駆動するシーケンス処理を有することを特徴とする。

【0027】本発明の更に他の側面における光伝送システムは、1波以上の光波長に送信信号を光強度変調して送出し、光増幅多中継伝送する光伝送装置、および、該光伝送装置に伝送路途中に伝送信号光の分岐、挿入機能を持つノードを有した光伝送システムにおいて、送信部で送信信号に光位相変調もしくは光周波数変調する手段を有し、該変調手段のチャージングパラメータの符号が正である送信器を有し、送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の間に伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手段を配置したことを特徴とする。

【0028】本発明のAOTF制御装置は、表面弾性波の作用を使って所望の波長の光信号を波長多重光信号の中から選択分岐、あるいは選択挿入するAOTFにおいて、該AOTFの形成されている基板の表面であって、AOTFの近傍に共振器を形成し、該共振器の共振周波数の変化を検出することにより、該AOTFの表面温度を計測し、該計測結果に基づいてRF信号を制御して、該AOTFの動作を安定化させることを特徴とする。

【0029】本発明によれば、任意の波長を印加する電気信号の周波数を変えることで、選択することができAOTFをアド・ドロップシステムに使用したことにより、システムを構成する回路の動作が軽くなり、安価で信頼性の高い、OADMシステムを構成することができ

る。

【0030】

【発明の実施の形態】図1は、AOTFを用いたOADM装置の基本原理を示す図である。図中では、AOTF10に波長 λ 1~ λ nの波長多重光信号が入力され、8波がアド・ドロップされる場合を示している。もちろん、アド・ドロップする波長の数はこれに限られたものではない。

【0031】AOTF10による光波長の選択は、ドロップしたい波長に対応するRF信号（電気信号）を印加することによって行う。同図の場合、AOTF10には、波長 λ 1~ λ nの波長多重光信号が入力されている。そして、AOTF10には、波長 λ 1~ λ nに対応する周波数 f 1~ f nまでのRF信号のうち、8つが印加される。

【0032】AOTF10に印加されたRF信号の周波数に対応する波長の光信号は、AOTF10のドロップポートに出力され、光アンプ20によって増幅された後、8×1カプラ11に入力される。ここで、カプラが8×1構成となっているのは、ドロップされる波長数が50

8となっているからである。8×1カプラ11はドロップされた光信号を波長の数だけ分岐する。分岐された各光信号はすべて同じ光信号であり、ドロップされた波長の光信号をすべて含んでいる。次に、波長選択フィルタとしてAOTF13が設けられており、電気OADM（光信号受信器）17に各波長の光信号が送信される。

【0033】一方、AOTF10は、所望の波長の光信号をドロップするだけでなく、ドロップした波長の光信号と同じ波長の光信号をアドすることができ、これは、AOTF10がある波長の光信号をドロップする動作を行っている時には、同時に同じ波長の光信号をアドする作用を有しているからである。RF信号としては、ドロップあるいはアドしたい波長の光信号に対応する周波数のRF信号をAOTF10に印加しているだけで良い。

【0034】アドする光信号は、同図の左側の構成によって生成される。光源となるレーザダイオードLD19は、アドすべき光信号の波長を有するLD19がアドする光信号の数だけ設けられており、これらのLD19から出力される波長 λ 1~ λ 8の光は8×8カプラ18で一旦合波された後、分岐される。分岐された光は光アンプ15によって増幅され、波長選択フィルタとしてのAOTF14に入力される。AOTF14では、波長 λ 1~ λ 8が多重された光から光信号を送出したい波長の光を抽出する。AOTF14で抽出された波長の光は、変調器16によって変調され、光信号とされる。このようにして生成された各波長の光信号は、8×1カプラ12で合波され、光アンプ21で増幅されて、AOTF10に入力される。AOTF10では、アド光信号がスル

光に合波され、出力側に出力される。

【0035】このように、AOTF10を使用すれば、原理的には、このAOTF10を1つ使うだけで、OADMの機能を達成することができる。ただし、実際のAOTFの特性は、上記原理で説明したような理想的なものでないで、様々な工夫を必要とする。例えば、AOTF10のアドポートから入力されるアド光信号は、AOTF10のクロストークの為、ドロップポートに僅かに出力される。アド光とドロップ光とは波長が同じであるので、コヒーレントクロストークと呼ばれるクロストークが生じ、光信号の劣化に大きな影響を与える。使

て、実際にAOTFを使ってOADM装置を構成する場合には、このコヒーレントクロストークを避けるように構成しなくてはならない。

【0036】なお、AOTF10で波長をアド・ドロップしない場合には、光アンプ21をためておくか、AOTF10の選択帯域は光アンプ21をしようしておく。これは、光アンプの動作させておくこと、光信号をアドしないにもかかわらず、ASE (Amplified Spontaneous Emission) 光がノイズとしてスループット光信号に加えられるしまうので、SN比の劣化を起すためである。あるいは、A

OATF10の選択帯域をはずすしておけば、ASEがスループット光信号の帯域外に挿入されることになるので、スループット光信号のSN比の劣化には直接には影響しなくなるということができる。図2は、実際のAOTFを使用しOADM装置を構成する場合の基本的構成例のブロック図である。

【0037】同図に示すのは、AOTFを光信号のドロップのみ使用する構成である。入力側から入力された光信号は、光アンプ30で伝送路の損失の補償のために増幅され、1段目のAOTF31に入力される。1段目のAOTF31では、AOTF31でドロップすべき波長の光信号の内、一部の光信号をドロップする。そして、1段目のAOTF31をスルーした光信号は、2段目のAOTF32に入力されて、ドロップすべき残りの波長の光信号をドロップする。このようにして、ドロップされた光信号は、カプラ35で合波されると共に、受信器ORRの数だけ分岐される。このとき、AOTF31のドロップポート側には、光アンプネータ38が設けられており、AOTF32からドロップされた光信号のレベルとAOTF31からドロップされた光信号のレベルをほぼ同じにしてカプラ35に入力するように構成される。これは、AOTF31がロスが大きく、AOTFを1つだけ通過した光信号と2つ通過した光信号とではレベルに大きな差が生じてしまうからである。もし、レベル差があるままドロップ光信号を送出すると、受信側で、あるいは受信側に届くまでに光アンプを増幅しようとしても、レベルの低い光信号がうまく増幅されず、受信側で信号を正しく受信できなくなってしまう。このようにして、ドロップされた光信号はAOTF等の波長選択フィルタ37によって所望の波長が選択され、受信器ORRで受信される。

【0038】また、AOTF31、32からドロップされた光信号を一旦合波するカプラ38には、別の出力ポートを付けておき、この出力ポートからの光信号をスベクトルモニタ39に入力して、ドロップ光信号の有無や、各光信号の波長やパワーを監視するようにする。

【0039】2段目のAOTF31、32をスルーした光信号は、ドロップされない波長の光信号のみを含んでおり、OADM装置のスループット光としてカプラ33に入力される。光送信器OSからは、AM変調された各波長の光信号（ドロップ光信号の波長と同じ波長）がカプラ36で合波され、アド光信号としてカプラ33に入力される。このようにして、カプラ33に入力されるスループット光とアド光は互いに合波され、光アンプ34で増幅されて、伝送路に出力される。

【0040】同図の構成例において、1段目のAOTF31と2段目のAOTF32とを使ってドロップすべき全ての光信号をドロップするのは、AOTFの波長選択特性によるものである。すなわち、AOTF31はRRF信号が印加されたときの波長選択特性の幅が広く、1T U-T G. 692 郵政省ラフトで規定されている0.

8nm間隔の波長の隣り合う光信号を1つのAOTFでドロップできると、クロストークが発生してしま

い受信側で受信できなくなっている。そこで、実際に、1つのブロックで示されているAOTF31、あるいは、32は、1つの基板に直列に3段のAOTFがモノリシックに形成されたものを使用している。このようにすると、波長選択特性の幅を狭くすることができるが、これでも十分ではない。そこで、更に、AOTFを2段に設け、1段目では、例えば、光信号の波長を端か順番に番号を付けた場合に、偶数番目あるいは、奇数番目の波長の光信号のドロップのみを担当するようにする。そして、2段目では、1段目ではドロップされなかった、奇数番目あるいは偶数番目の波長の光信号のドロップを担当するようにする。このように構成することによって、隣り合う2つの光信号をドロップする場合にも、波長間隔が最低でも1.6nmとなるので、AOTFの波長選択特性でも十分クロストークを少なくすることができ

【0041】また、同図の構成では、アド光信号は、AOTFを介さないで、直接カプラ33で合波するようにしている。前述したように、AOTFは、ドロップした光信号の波長と同じ波長の光信号をアドする機能を有しているが、AOTFにアドとドロップの両方の機能を担わせると、ドロップ側にアド側の光が漏れ込んでクロストークが発生してしまう。特に、この場合、アド光とドロップ光の波長が同じコヒーレントクロストークなので、クロストークによって生じる、ビート成分が大きくなり、ドロップ側で正常に光信号を受信することができなくなってしまう。アド光は、対応する波長がスループット光から抜かれており、その開いているグリッド（光信号の波長の設定位置）に合波されれば良いので、同図のように、スループット光にカプラで合波する構成を採用する。

【0042】なお、同図では、AOTFを2つ用いて、ドロップすべき光信号の全てを分岐する構成を示しているが、必ずしも2つに限られるものではなく、2つ以上のAOTFを用いてもよい。このように、多くのAOTFを用いると、1つのAOTFでドロップすべき光信号の内、互いに波長の値が最も近い光信号間の波長間隔を広げることができるので、クロストークをより減少させることができる。

【0043】図3は、AOTFを使ったブロードキャスト機能対応のOADM装置の構成例を示すブロック図である。同図(a)に示されるように、入力側から波長 λ 1~ λ nが波長多重されて送信されてくる。これを光アンプ40で増幅し、カプラ41に入力する。カプラ41では、入力した光信号を2つに分岐し、1つはAOTF42に入力し、もう1つはドロップして、トリビュタリ局のカプラ46に入力する。カプラ46に入力された光信号は、カプラ46で分岐される。分岐する数は、ドロップ光として使用される波長の数でも、全波長数でも

よい。カブラ46で分岐された光信号は、波長 $\lambda 1 \sim \lambda n$ までの波長の光信号を含んでいるので、この中から、ドロップ光として使用する波長の光を波長選択フィルタ48で選択して、抽出する。

【0044】一方、AOTF42に送られた光信号は、波長選択フィルタ48で選択された波長をAOTF42で選択し、選択ポートに出力させる。選択ポートはどこにも接続されておらず、選択された光信号は捨てられることになる。AOTF42の後段にもAOTF43が設けられているのは、図2で説明するように、一方のAOTF42でドロップすべき波長の光信号の一部をドロップしてやり、他方で現る波長の光信号をドロップしようとするものである。このようにすることによって、波長選択におけるクロストークを低減することができる。

【0045】2段のAOTF42、43を通過したスルー光はカブラ44に入力され、アド光と合波される。アド光は、図2で説明したのと同様、光源からの光を波長選択フィルタ49で所望の波長の光を選択し、次に変調器50で変調してカブラ47に入力される。カブラ47で合波されたアド光はカブラ44に入力され、スルー光と合波されて、光アンプ45で増幅され、伝送路に送出される。

【0046】なお、ここでは、アド光信号は、光源からの光を波長選択フィルタ49で選択した後変調器50で変調をかけて構成を示したか、光源からの光に変調をかけ、後に波長選択しても同様にアド光信号を生成することができ、

【0047】同図(b)は、ブロードキャスト機能を説明する図である。同図(a)のOADM装置が同図

(b)のように伝送路で接続されている場合、波長 $\lambda 1$ の光信号をOADM1〜3でブロードキャストしたいとする。OADM1では、波長 $\lambda 1$ をドロップし、AOTFでは波長 $\lambda 1$ を選択せず、また、波長 $\lambda 1$ のグリッドに光信号をアドしないようにする。すると、波長 $\lambda 1$ の光信号はOADM1をスルーし、次のOADM2に入力される。OADM2でも波長 $\lambda 1$ の光信号をドロップし、AOTFでは波長 $\lambda 1$ を選択しないようにする。すると、同様に波長 $\lambda 1$ の光信号はOADM3に伝送される。OADM3では、波長 $\lambda 1$ をドロップすると共に、AOTFで波長 $\lambda 1$ を選択し、波長 $\lambda 1$ の光信号を波長選択。これにより、OADM3から出力される光信号は、波長 $\lambda 1$ の新しい光信号がアドされない限り、波長 $\lambda 2 \sim \lambda n$ までが多量にされた光信号となる。

【0048】このように、同図(a)の構成によれば、OADM1〜3に波長 $\lambda 1$ のつた同じ光信号をドロップすることができ、ブロードキャスト通信を行い、場合に応じて容易に実現できるという利点がある。

【0049】図4は、OADM装置内のAOTF及び伝送路の冗長構成を示す原理図である。同図(a)は、OADM内のAOTFの冗長構成を示している。

【0050】OADMの入力側に1×2スイッチ60を設け、入力した光信号の伝送路を2つの伝送路に切り換えられるように構成しておく。1×2スイッチ60の2つの出力ポートには、現用のAOTFと予備のAOTFを接続し、それぞれのAOTFの後段には、アド光を合波するための合波器を設ける。すなわち、同図(a)では、上側が現用の構成となり、下側が予備の構成となる。それでは、1×2スイッチ61の2つの入力ポートに接続されている。1×2スイッチ61は、現用のAOTFからの光信号と予備のAOTFからの光信号とを切り替え、いずれかを伝送路に出力するようにしている。1×2スイッチ61はOADM装置の出力側に設けられる。

【0051】同図(b)は、OADM装置外の伝送路の冗長構成を示した図である。伝送路が現用と予備に2重化されており、OADMの入力側に1×2スイッチ62が設けられており、1×2スイッチ62は、現用伝送路と予備伝送路のいずれかを選択して、光信号をAOTFに送る。AOTFの後段にはアド光信号を合波する合波器が設けられ、1×2スイッチ63に入力する。1×2スイッチ63の出力ポートは、現用伝送路と予備伝送路に接続されており、1×2スイッチ63がいずれかの伝送路を選択して光信号を送出するように構成される。

【0052】なお、同図(a)、(b)では、AOTFのみ、あるいは、伝送路のみが2重化されている場合のみを示したか、伝送路とAOTF両方が2重化されている構成も可能である。この場合には、OADM装置の入力側及び出力側の1×2スイッチを2×2スイッチに置き換え、現用と予備の伝送路及び現用と予備のAOTFそれぞれを2×2スイッチの入出力ポートに接続するようすればよい。また、この場合には、2×2スイッチが設けられた場合には、対処できないので、2×2スイッチを2重化しておく、より信頼性の高いシステムを構築することができ、すなわち、現用及び予備伝送路それぞれに1×2スイッチを設け、現用の2×2スイッチと予備の2×2スイッチのいずれかに光信号を入力すべきかを選択できるようにしておく。そして、2×2スイッチの後段にも1×2スイッチを設け、現用と予備のいずれの2×2スイッチから光信号を受け取るかを選択できるようにしておく。この構成は、OADM装置の入力側及び出力側のいずれの場合にも適用でき、AOTF及び伝送路のみではなく、現用と予備を切り替えるためのスイッチも2重化したOADM装置を構成することができ、

【0053】図5、6は、AOTFを使用したOADM装置の具体的な構成の第1の例を示す図である。伝送路より入力された光信号は、まず、光増幅部(In-Line Amplifier:ILA)に入力される。光増幅部は2つの増幅媒体を持っており(三角で示されている)、前段の増幅媒体で増幅される前の光信号の一部が分岐され、光スベクトルモニタ部のスイッチに入力される。この光スベ

チモニタ部のスイッチは、入力する光信号を順次切り替え、スペクトルアナライザSAUに光信号を送り、各所で光スベクトルの線性を解析し、モニタするために設けられている。スペクトルアナライザSAUはスペクトルアナライザコントローラSAUCNTによって制御される。スペクトルアナライザSAUは、順次切り換えられ、入力される光信号を解析する作業と並列的に解析結果のデータを出力し、スペクトルアナライザコントローラSAUCNTで処理を受け、不図示の制御線によって、スベクトルの状態が各所で最適になるように制御信号が伝送される。あるいは、オペレータが出力するスベクトルの線性を直接モニタすることができ、ようにも構成される。

【0054】光増幅部ILAの前段の増幅媒体で増幅された光信号は、伝送路での分岐を打ち消すために、分岐補償ファイバDCFに入力される。その後、更に、後段の増幅媒体に入力され、パワーの大きくなった光信号が増幅媒体に入力される。なお、光増幅部の後段の増幅媒体に接続されているBSTは、ブースタと呼ばれ、増幅媒体、例えば、エルビウムドープファイバに光増幅を行うための励起光を供給するものである。

【0055】光増幅部ILAで増幅された光信号は、前述した冗長化のためのスイッチ部PSW1に入力される。このスイッチ部PSW1の詳細は省略する。スイッチ部PSW1を通過した光信号は、次に、チューナブルフィルタモジュールTFMに入力される。チューナブルフィルタモジュールTFMの入力には、光モニタが設けられている。これは、モジュール間がちゃんと接続されているかを監視するためのものであり、入力した光信号のパワーを検出して、不図示の制御部に通知する。不図示の制御部は、このモニタ結果を解析して、モジュールが正常に接続され、光信号が来ているかを判断する。例えば、モジュールが外れている場合など強度の強い光が検出されている場合には、側に人がいると、その人に危険が及ぶので、光スイッチを切るなどの処置をする。このような光モニタはチューナブルフィルタモジュールTFMの出力側にも設けられており、基本的に同じ役割をこなすものである。

【0056】光モニタを通過した光信号は、AOTF1に入力される。AOTF1は、チューナブルフィルタモジュールTFDのコントローラCNTからの制御信号によって、制御される。すなわち、コントローラCNTからの制御信号は、RF信号を生成する回路(図5では、増幅器とPLL回路からなっていることが示されている)に印加され、このようにして生成されたRF信号がAOTF1及びAOTF2に印加される。AOTF1では、前述したように、例えば、偶数番目の波長の光信号が選択され、図5の上側のポートに出力される。AOTF1をスルーした光信号は、偏波モード分散補償器PMDに入力される。

【0057】AOTFは、後述するように、入力光信号のTEモードの光とTMモードの光とを表面弾性波(SAW)との相互作用により、所定の波長の光信号のモードのみを交換し、出力ポートを交換するものである。ここで、AOTFは一般に、ニオブ酸リチウム等の複屈折性を持つ材料で構成されており、何の作用も受けないスルーする光信号のTEモードとTMモードとの間に伝搬速度の違いを生じる。このとき生じる時間差は、AOTFの1つのデバイスが3段構成になっているという場合(後述)、50ps程度となる。ところで、本実施形態のOADM装置は、10Gbpsの伝送速度を有するシステムに使用することが留められているが、10Gbpsの場合、1つのビットに与えられるタイムスロットは100ps程度である。従って、AOTFをスルーすることによって受ける偏波モード分散は、1タイムスロットの50%程度のずれを與えるモード間に引き起こすため、このままでは、光信号を正常に受信することができなくなってしまう。従って、ここでは、1つのAOTFを通過する毎に偏波モード分散補償を行うようにしている。偏波モード分散を補償する方法としては、やはり偏波モード分散を有するPANDAファイバ等の軸をAOTFの軸と直交させるように接続する。このようにすれば、AOTF内で遅く伝播していたモードはPANDAファイバ内で遅く、AOTF内で速く伝播していたモードはPANDAファイバ内では遅く伝播することになる。AOTFの偏波モード分散を補償するために必要なPANDAファイバの長さは、AOTFの特性や、使用するPANDAファイバの特性にも依存するが、約20mである。

【0058】一方、波長選択された光信号、すなわち、ドロップ側の光信号の場合には、AOTFの内部で、SAWとの相互作用により、TEモードで入ってきた光信号はTMモードに変換されながら伝播し、TMモードで入ってきた光信号は、TEモードに変換されながら伝播するので、TEモードで分岐を受ける時間とTMモードで分岐を受ける時間が等しくなる。従って、最初、TEモードで入力された光も、TMモードで入力された光も、AOTF内部で伝播している間に、TMモードとTEモードとにそれぞれ変換されるため偏波モード分散は生じない。

【0059】偏波モード分散補償器PMDを通過した光信号は、光増幅部TFAに入力され、増幅媒体によって光信号が増幅される。AOTF1を通過してきた光信号は、AOTFのロスのためパワーが弱くなっており、AOTF2に入力してドロップされる光信号と、AOTF1でドロップされた光信号との間にレベル差が生じてしまうため、これを補償する必要がある。例えば、AOTF1つのロスは10dB程度である。光増幅部TFAで増幅された光信号はAOTF2で、例えば、奇数番目の波長の光信号が分岐され、残りの光信号はス

ルーしていく。
【0060】AOTF1とAOTF2で分岐されたドロップすべき光信号は、2×2カブラで合波され、再び光増幅部TFAで増幅され、トリビュータリ局へ送信される。一方、2×2カブラ1のもう一方のポートからは、光アッテネータを介して光スペクトルモニタ部のスペクトルアナライザSAUに入力され、ドロップされた光信号の波長及びパワーが所定の基準を満たしているか否かが検出される。

10 【0061】AOTF2をスルーした光信号は、前述したように、偏波モード分散補償器PMDに入力され、偏波モード分散が補償された後、光モニタ部を介してスイッチ部PSW2の2×2カブラ2に入力される。スイッチ部PSW2の2×2カブラ2には、アド光信号も入力される。アド光信号は、光増幅器PWA1で増幅され、トリビュータリ局からの伝送ロスによる損失が補償される。更に、分散補償ファイバDCFによる分散が補償される。2×2カブラ2に入力される。2×2カブラ2で合波されたスルー光信号とアド光信号は、冗長化のためのスイッチを介して、光増幅部PWA2に入力され、ブースタBST3、4からの励起光により増幅され、カブラで分岐される。大部分の光信号は、カブラから伝送路に出力されるが、一部は光スペクトルモニタ部に送られ、波長ずれや各波長の光信号の波長が解析される。光増幅部PWA2による光信号の増幅は、OADM装置全体を通して、光信号のロスを増幅するためのものである。

【0062】図6は、図5のOADM装置を使ったシステムにおけるトリビュータリ局の構成例を示した図である。チューナブルフィルタモジュールTFMでドロップされた光信号は、トリビュータリ局の波長分波器で波長に分岐される。同図の場合、波長λ1～λ3までの3波に分岐されている。これらの各波長の光信号は、既存光ネットワークの光電気変換部OEで受信され電気信号に変換された後、当該ネットワーク用の信号、例えば、1波長ネットワークの場合には、そのネットワークで使われている波長の光信号に変換され、伝送される。一方、既存光ネットワーク等の信号出力部では、電気光変換部EOで電気信号が図5でドロップされた光信号の波長λ1～λ32に変換されて、送出される。これらの光信号は、アッテネータで相対的レベル調整が行われ、合波器で合波されて、図5のOADM装置にアド光信号として送出される。

【0063】なお、同図では、ドロップ光信号の波長は32個あり、この32個の波長全てが使用されているように示されているが、システムの構築当初では、これらの波長を全て使用する必要はなく、一部の波長のみを使用してもよい。この場合、図5のチューナブルフィルタモジュールTFMでドロップされる波長も32波以下に設定される。

【0064】また、同図のように、波長分波器で各波長の光信号に分岐してしまうと、受信する波長を変えたという場合に、波長分波器が各波長に先に分岐してしまうので、対応する波長がずれるという点がある。例えば、受信側で同じ波長の光信号を受信したいという場合には、波長分波器の1つのポートから信号を分けなければならず、そのような構成がシステム構築当初から設けられていない場合には、1つのポートからの光信号を分岐するカブラ等を新たに設けてはならない。

【0065】図7、8は、AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の第2の例を示す図である。図7の構成は、基本的に図5の構成と同様であるので、詳細な説明は省略する。

【0066】伝送路より入力される光信号は、光増幅部ILAで増幅され、分散補償ファイバで分散が補償されて、スイッチ部PSW1に入力される。スイッチ部PSW1は、前述したように、現用、予備の冗長化のための構成である。スイッチ部PSW1から出力された光信号はチューナブルフィルタモジュールTFMの光モニタ部を通して、AOTF1、AOTF2でドロップ光信号がドロップされて、2×2カブラ1に入力される。

【0067】2×2カブラ1からの出力のうち一部は、スペクトルアナライザSAUに入力され、スペクトルが解析される。2×2カブラ1で合波されたドロップ光信号は光アンプで増幅された後、1×4カブラで分岐される。同図では、ドロップ光の波長数は4であるとしているが、必ずしも4に限られるものではない。1×4カブラで分岐された光信号は、全てのドロップ波長を含んでおり、トリビュータリ局の受信部TRB1のAOTFで各波長が抽出される。ここでのAOTFは1×4カブラからの光信号の中から所望の波長を抽出する作用をしており、ドロップする光信号の波長を要する予定のない場合には、通常のバンドパスフィルタも使用可能である。AOTFを使用するのは、本システムを使用するユーザの要望により柔軟に対応するためであり、ユーザの要望としてシステム使用中にアド・ドロップする光信号の波長を変えることは強く望まれることである。なお、波長選択フィルタとしてのトリビュータリ局のAOTFは、略記されているチューナブルフィルタコントローラTFCによって制御される。同図の場合には、AOTFが2つしか設けられていないが、ドロップ光信号として4波を使用する場合には、AOTFを4つ使用する。

【0068】AOTF1でドロップされなかったスルー光は、偏波モード分散補償器PMDで偏波モード分散が補償されてから、光アンプに入力され、AOTF2に入力される。このように、AOTFを2段にしているのは、前述したように、1つのAOTFでドロップすべき波長の一部、例えば、偶数番目の波長の光信号をドロップし、もう1つのAOTFで残りの波長、例えば、奇数番目の波長の光信号をドロップするようにしているものである。

ある。これは、AOTFの波長選択特性の半値幅が比較的に広いので、クロストークをできるだけさけるためになされている処置である。

【0069】AOTF2をスルーした光信号は、再び、偏波モード分散補償器PMDによって偏波モード分散が補償されてから、光モニタ部を通してスイッチ部PSW2の2×2カブラ2に入力され、アド光信号と合波される。同図の場合、ドロップ光の波長が4波であるので、アド光信号の波長も4つの同じ波長を使用する。カブラ2には、1×8カブラが設けられており、将来のアップグレードに対応できるように構成されているが、現在使われているのは1～4番のポートのみである。カブラ2で合波された各波長のアド光信号は、光アンプPWA1で増幅され、分散補償ファイバDCFで分散が補償されてから、スイッチ部PSW2の2×2カブラ2に入力される。そして、スルー光とアド光が合波され、プロテクションスイッチ（現用、予備を切り替えるスイッチ）を通して、OADM装置の出力側の光アンプ部PWA2に入力される。そして、光アンプ部PWA2に入力した光信号は、励起光源BST3、BST4からエネルギーを与えられて、パワーが増幅された後、カブラ2を介して伝送路に出力されていく。なお、カブラ2で分岐された一部の光信号は、スペクトルアナライザSAUに送られ、OADM装置の出力側から出力される光スペクトルの状態が解析され、OADM装置が正常に動作しているか否かのモニタに使用される。

【0070】図8は、トリビュータリ局のアド光送信側の構成を示す図である。アド光信号送信部は、レーザバンクと光変調部及び不図示の電気ADM装置（EADM）からなっている。送信すべきデータは電気ADM装置からの光変調部として送信されてきて、レーザバンクからの光を変調する駆動信号として使用される。

【0071】レーザバンクは、複数の互いに異なる波長の光を出力するレーザダイオードからなっており、これらがレーザダイオードユニットLDU#1～#4に収納されている。ここでも、障害発生時に対応するため冗長化がなされており、レーザダイオードユニットLDUは、現用（Work）と予備（Protection）とが用意されている。また、アドする光信号の波長が1～32のいずれの波長にも変更可能なように、異なる波長を出力するレーザダイオードが32個設けられている。これらのレーザダイオードから出力される光は、合波器で合波されて、1～32の波長の光が波長多重された光を生成する。レーザダイオードユニットが冗長化されているのに対応して合波器も現用と予備が設けられている。

【0072】合波器から出力された光は、光アンプ部で増幅される。光アンプ部も冗長化されており、光アンプ部の構成は、増幅媒体を2つ設け、その間にアッテネータを挟んだようになっている。これは、間にアッテネー

タを入れることにより、後段の増幅媒体への光の入射強度を調整する作用を得るためである。増幅媒体で増幅された光信号は、カブラCPLで一部が分岐され、カブラCPL3に入力される。分岐された光信号は、スペクトルアナライザユニットSAUに入力される。スペクトルアナライザユニットSAUの構成は、スペクトルアナライザコントローラSAUCNTと、これに制御されるスペクトルアナライザSAUとからなっており、カブラCPLはシステムオペレータが手動でレーザバンクからの出力光の検査をする場合に必要出力光を光モニタポートに出力するものである。スペクトルアナライザユニットからの解析結果は略記されているレーザダイオード制御部LDCに送られ、レーザダイオードを制御するのに使用される。同図に示されるように、スペクトルアナライザユニットSAU及びレーザダイオード制御部LDCも冗長化されている。

【0073】このように、異なる波長のレーザダイオードを複数用意し、これらの光を合波して使用するのは、発振波長を可変できるレーザが非常に不安定で、発振波長が精密に安定している必要のある光通信においては、十分な機能を得られないからである。

【0074】複数のレーザダイオードから出力された光を合波したものは、光増幅器で増幅された後、カブラCPL3の1×8カブラに入力される。1×8カブラでは、入力された光をアド光信号の波長として使うだけ分岐し、光変調部に送る。今の場合、アド・ドロップする光信号の波長は4つだけであるとしているので、実際に光接続されているのは、1×8カブラの4つのポートのみである。残りのポートは反対方向の通信回線用に設けられている光変調部（不図示）に光を供給するために使用される。

【0075】1×8カブラの出力ポートに接続されたファイバは、アドする光信号の波長分岐された変調器を有する光変調部に送られる。同図では、内部構成は、1つについてのみの記載となっているが、実際には、同じ構成の変調装置が4つ設けられている。レーザバンクから送られてきた光は波長選択部TFR1の前段のAOTFで、先ず、アド光として使用する波長の光が選択される。この選択された波長の光は変調器部の変調器Modに入力される。一方、電気ADMからは、所定の波長の光信号としてデータが送られてきて、受信器ORで受信され、電気信号に変換される。この電気信号は分配器で分岐され、デジタルフリップフロップDFFと電気増幅器を介して変調器Modに印加される。変調器Modは、この電気信号の印加を受けて、波長選択部の前段のAOTFで選択された波長の光信号を変調し、一方、変調された光信号は1×2カブラで分岐され、一方がコントローラで検出され、所望の変調が行われているか否かが確かめられる。この検出の結果は、電気増幅器にフィードバックされ、変調器Modが安定して動作す

るように調整される。

【0076】このようにして、変調器Modで変調された光信号は、光アンプPOAで増幅された後、波長選択部の後段のAOTFに入力されてアド光信号として送出される。ここで、光アンプPOAで増幅した後に再びAOTFを通過させるのは、光アンプPOAで発生したノイズを除去するためのものであり、このAOTFは波長選択部の前段のAOTFの選択波長と同じ波長を選択するように設定されているものである。

【0077】なお、レーザバンクからの光の中からアド光信号に使用する波長を1波だけ最初に選ぶことによって、変調器Modの後段の光アンプPOAは、1波用のみで、前述したように、最初に変調をかけて、後に波長をアンプで良くなり、小型のアンプを使用することができ、変調器Modの後段の波長を安たいときに容易に対応できるようにするためである。

【0078】また、波長選択部の前段のAOTFでアド光信号に使用する波長を1波だけ最初に選ぶことによって、変調器Modの後段の光アンプPOAは、1波用のみで、前述したように、最初に変調をかけて、後に波長をアンプで良くなり、小型のアンプを使用することができ、変調器Modの後段の波長を安たいときに容易に対応できるようにするためである。

【0079】図9、10は、AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成の第3の例である。図9の場合、伝送路が現用と予備に冗長化されている様子で描かれている。後に説明するように、伝送路の冗長化にも種類があり、UPSR (uni-directional path switch ring) や2ファイバ、4ファイバのBLSR (bi-directional line switch ring) 等の構成がある。同図の場合、4ファイバBLSRを前提にしており、伝送路(PB)と30

記載されているのは、4ファイバのBLSRの組合の反対方向の伝送路を示し、伝送路(P)と記載されているのは4ファイバBLSRの場合の反対方向の伝送路のOADM装置に掛けられる光1+1プロテクションスイッチ(1+1SW)への光信号伝送ケーブルを示している。これらは、伝送路及びOADM装置の冗長化の為に掛けられており、システムの冗長化については、後述する。

【0080】現用の伝送路から入ってきた光信号は、光増幅部ILAで増幅されると共に、分散補償ファイバDCFによって分散が補償され、スイッチ部PSW1に入力される。スイッチ部PSW1では、LSスイッチと1+1スイッチとが掛けられているが、ネットワークが2ファイバのBLSRと4ファイバのBLSRのいずれを使用しているかによって、いずれかのスイッチのみが掛けられる。

【0081】スイッチ部PSW1を通過した光信号は、チューナブルフィルタモジュールで前述した作用により、ドロップ光がドロップされ1×8カプラを有するカ

プラ部CPL1に入力される。1×8カプラでは、ドロップされた波長を全て含んでいる波長多重光信号を8つに分散し、トリビュタリ局の受信部へと送信する。チューナブルフィルタモジュールをスルーした光信号は、スイッチ部PSW2の2×2カプラに入力される。トリビュタリ局から送信されてくるアド光信号は、カプラ部CPL4の1×8カプラで合波され、光アンプPWA1で増幅される。そして、増幅された光信号は、分散補償ファイバDCFで分散補償され、スイッチ部PSW2の2×2カプラでスルー光と合波される。

【0082】カプラ部CPL4の1×8カプラの前段に光モニタが各波長のアド光信号毎に掛けられているが、これは、カプラ部CPL4がちゃんと装着されているかをモニタするために掛けられているものである。

【0083】2×2カプラで合波されたスルー光とアド光は、冗長化のために掛けられた1+1スイッチ、及び、LSスイッチを通過して、光アンプPWA2で増幅されて、伝送路に送出される。

【0084】図10は、図9の具体例におけるトリビュタリ局側の構成を示した図である。受信側では、OADM装置からドロップされ、分散された光信号の数だけ受信器TRB#1～#8(1)が掛けられる。受信器TRB#1の内部構成が示されているので、これについて説明する。他の受信器TRB#2～#8(1)も同様の構成である。

【0085】まず、ドロップされた光信号は8波からなっており、この光信号が受信器TRB#1(1)に入力されると、光アンプAMP1で増幅される。光アンプAMP1は、励起光源BSTから励起光を受け取っている。増幅された光信号は、カプラ部CPL2の1×4カプラでドロップされた光信号の波長数分に分散される。ここでは、4つに分散されている。次に、光信号の波長交換を行うトランスポンダ#1に入力される。詳細な構成は省略されているが、トランスポンダは#1～#4の4つあり、それぞれ1×4カプラから出力される光信号を受信する。

【0086】トランスポンダ#1に入力された光信号は、波長選択フィルタとしてのAOTFにより、1つの波長の光信号が選択され、光受信器ORCによって電気信号に換え、デジタルフリップフロップD-FFおよび増幅器を通過して、変調器Modに印加される。変調器Modには、送信側のレーザバンクLDBKからの光が送信されてきており、レーザバンクLDBKから送られる複数の波長の中から適当な波長がAOTF1で選択されて、入力される。そして、AOTF1で選択された光信号は変調器Modで変調されて出力される。出力された光信号は、光アンプPOAで増幅された後、AOTF2で増幅器のノイズ成分が取り除かれ、他のネットワーク等に送られる。このように、他のネットワークにデータを送

信する場合に、ドロップされた光信号のままでは伝送できない可能性があるため、どのような波長にでも交換できるようにトランスポンダが掛けられている。また、変調器Modの出力は1×2カプラで分散され、コンローラに輸出されて、変調器Modの動作を安定させるためにフィードバックがかけられる。

【0087】このように、受信側のトランスポンダの動作は、図8の光受信部のものと基本的に同じである。一方、送信側では、不図示のレーザバンクLDBKから変調に使うための光が送信されてくる。この光は、送信器#1～#8(2)のカプラ部CPL5に入力される。入力すると、まず、カプラ部CPL5がちゃんと接続されているかをモニタするための光モニタを通過し、次に、1×8カプラで8つの光に分散され、光アンプAMP#1～#4によって増幅される。このうち、アド光信号を生成するために使用されるのは、4つのみであり、他の4つは、受信側のトランスポンダに光信号の波長交換用光として送られる。

【0088】レーザバンクからの光のうち、アド光信号生成のために使われる4つの光は、トランスポンダ#5のAOTF3に入力され、アド光信号生成のための波長が選択され、変調器Modに送られる。アド光を調製すべきデータは、他のネットワークから光信号で送信されてきたものを光アンプAMP2で増幅し、1×4カプラで分散した後、AOTF5で波長を選択し、光受信器ORCで電気信号に変換する。この後の動作は、受信側のトランスポンダと同様なので説明を省略する。そして、AOTF4から出力されるアド光信号は、同様に生成されたトランスポンダ#6～#8までの光信号と1×4カプラで合波され、OADM装置に入力されて送信される。

【0089】図11、12は、AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成の第4の例を示す図である。図11の構成は、図9の構成とほとんど同じなので、省略説明する。なお、同図の場合には、アド側に結線がなされていないが、省略されているだけであって、実際には、トリビュタリ局のアド光信号送信側が接続されるべきものである。

【0090】伝送路より入力された光信号は、光増幅器で増幅され、分散補償ファイバで伝送路の分散が補償されて、現用・予備切り替え用スイッチ部PSW1に入力される。ここで、この切り替えは、ネットワークが採用している冗長構成によって変わるが、ここでは、4ファイバBLSRを前提としている。スイッチ部PSW1を通過した光信号はチューナブルフィルタモジュールでドロップ光がドロップされ、ドロップ光信号は、1×8カプラでトリビュタリ局の受信側へ送信される。スルー光信号はそのままスイッチ部PSW2の2×2カプラに入力される。アド光信号は、2×8カプラで合波された後、光アンプPWA1で増幅され、分散補償ファイバDCFで

分散補償された後、2×2カプラでスルー光と合波される。ここで、2×2カプラや2×8カプラはそれぞれ1×2カプラや1×8カプラでもよく、ここで、出力ポートが1つ多いカプラを使っているのは、合波された光信号の状態をモニタしようとするときのための便宜を考えたことである。従って、必ずしも2×2カプラや2×8カプラを使用しなくてもよいことではない。

【0091】アド光信号とスルー光信号とが合波された光信号は、現用・予備を切り替えるためのスイッチ(1+1スイッチ及びLSスイッチ)を通過した後、光アンプPWA2によって増幅され、伝送路に送出される。

【0092】図12は、トリビュタリ局の受信側構成の変形例を示した図である。受信器TRB#1は、トリビュタリ局の次段に接続するネットワークが単波長ネットワークの場合の構成である。OADM装置からドロップされてきたドロップ光信号は、光アンプAMPで増幅された後、カプラ部CPL2の1×4カプラで4つに分散される。ここで、分散する数が4であるのは、OADM装置でドロップする波長の数が4であるとしているからである。1×4カプラで分散された光信号は、それぞれに掛けられているAOTFに送られ、それぞれの波長の光信号が選択される。各波長1～14の光信号が選択されると、これらは、そのまま単波長ネットワークにそのまま送信される。なお、単波長ネットワークがポートする光信号の波長がドロップされた光信号の波長でないとときには、単波長ネットワークに接続する前に波長交換を行うトランスポンダを設けて、サポートされている波長で光信号を送信するようにする。

【0093】受信器TRB#2は、トリビュタリ局の次段に接続するネットワークが多波長ネットワークであるが、4波までの波長多重システムである場合を示している。OADM装置からドロップされてきたドロップ光信号は、光アンプAMPで増幅された後、1×4カプラで4つに分散され、1×4カプラの出力ポート毎に掛けられた波長選択器TRF#1～#4に入力される。AOTFはドロップ光信号の中から1波のみを抽出される。抽出された光信号は、増幅用の光アンプPOAで増幅され、再びAOTFに入力される。後段のAOTFは、前述したように、光アンプPOAのノイズを除去するためのものである。このようにして、波長選択器TRF#1～#4で抽出されたドロップ光信号は2×4カプラで合波され、波長多重ネットワークに送信される。もちろん、ドロップされた波長を次の波長多重ネットワークがサポートしていない場合には、トランスポンダを介して、波長を変換して接続するようにする。

【0094】受信器TRB#8は、4波以上の波長多重光信号をサポートしているネットワークに接続する場合のトリビュタリ局の構成を示している。4波以上のドロップ光信号の波長を選択する場合には、OADM装置に使用されているように、AOTFを2段に使用して、波

長を選択するようにする。AOTFはチューナブルフィルタドライバTFDによって駆動される。OADM装置でドロップされた光信号は、全て2段のAOTFによって選択されるので、2段目のAOTFのスループットには、原理的にノイズ以外は光信号は出てこない。従って、2段目のAOTFのスループットから出力される光は破壊する。その他の構成及び、動作は、OADM装置と同じなので、説明を省略する。

【0095】このようにして、選択された波長のドロップ光信号は、2×2カプラで合波され、増幅されて、次の波長多重重ネットワークに送信される。尚、前述の通り、次段のネットワークがドロップされたままの光信号の波長をサポートしない、あるいは、別の光信号を使用している場合には、波長変換して次段のネットワークに送信する。

【0096】図13は、アド光信号を生成するための光を供給するために使用されるレーザバンクの構成及び概念を説明する図である。任意波長型のOADMシステムを構築するためには、任意の波長の光信号をドロップできるだけでなく、対応する任意の波長の光信号をアドできなければならない。そのためには、トリビュタリ局側で任意の波長の光信号を生成できなくてはならないので、波長を任意に変えることのできる光源が必要である。しかし、現在光源として広く使われているレーザダイオードは、波長を変えることが難しい。というの、もともとレーザというのは、発光媒体を反射鏡で挟んで、反射鏡間で光を往復させる間に強度の強い光を放出するという構成をとっており、発振波長はこの発光媒体の特性と、反射鏡間の光学の距離に依存する。特に、同じレーザで異なる波長を発振させようとする場合には、反射鏡間の光学距離を変えなくてはならないが、この方法があまりないというのが現状である。現状考えられる光学距離の変更の仕方、反射鏡の位置を機械的に移動させるか、温度を上下して、発光媒体の屈折率を変化させるというぐらいである。反射鏡を機械的に動かすのは、レーザが可動部を有することになるので、反射鏡の位置が狂いやす、安定したレーザ発振を行うことができない。また、温度を上下して波長を変化させた場合には、レーザの構成に可動部がないので、安定した発振はできるが、温度上昇などによる波長の変化が小さいので、波長多重システムのグリッド全体をカバーすることはできない。

【0097】そこで、本実施形態では、使用する可能性のある全ての波長を発振波長とする個々のレーザダイオードを用意しておき、これらが発振するレーザ光を束ねて1つの光とし、これを様々な所に使用することとした。

【0098】レーザバンクの構成は、図図に示されている通りであり、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ をそれぞれ発振波長とする

るレーザダイオード139を設け、それぞれが発振させる。それぞれが発振する波長は、スベクトルモニタ133で監視され、予め定められている基準波長値と比較し、ずれが生じた場合には、発振波長にずれの主たるレーザダイオード139の駆動電流あるいは温度を調整して、発振波長が所定の値になるように調整される。

【0099】各レーザダイオード139が発振する光信号は、合波器138で合波され、1つの光とされる。そして、光アンプ136で増幅され、分配器131で必要な数だけ分岐される。

【0100】この光を使用する場合には、AOTF等のチューナブルフィルタ132、あるいは、使用する波長が固定しているのであれば、選択波長の固定されているバンドパスフィルタ等で必要な波長をレーザバンクから光から抽出し、外部変調器135で変調をかけ、光アンプ137で増幅して送出する。

【0101】このように、複数の波長の異なる光源の光を合波して、これを利用するようにすれば、光源の発振している波長の光であれば、どの波長であってもフィルタで抽出して使うことができる。特に、波長分割多重通信システムでは、各チャネルの光信号の波長がITU-Tの勧告で規定されているので、それ以外の波長を任意に使用すれば十分である。

【0102】図14～図20は、OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図である。なお、図にはAOTFが1つしか記載されていないが、前述したようなAOTFを2つ用いる場合も同様である。

【0103】図14は、OADM装置を含むOADMシステムの初期状態を示している。入力側から例えば、32波の波長多重光信号が送信されてきた場合に、まだ、システムが稼働する前は、光信号がどこにも出力されない状態が好ましい。そこで、OADM装置のAOTF140は、32波全ての波長を選択するように、RFF信号発振器からRFF信号をAOTF140に印加する。すると、入力側から入力された32波全ての波長はドロップされてしまい、スループット側（出力側）には光信号が出力されない。従って、32波全ての光信号は、トリビュタリ局側へ送信される。トリビュタリ局では、送信されてきた光信号を光カプラ142で分岐し、各波長の光信号を選択するAOTF143に送る。通常動作時では、AOTF143は、ドロップすべき波長を選択するのであるが、初期状態では、AOTF143に入力側から送られてきた32波の光信号からは、漏れ光等が生じない程度に十分離れた位置を選択波長とするようなRFF信号を入力する。このようにすれば、32波の内、AOTF143で選択される波長がないので、光受器144に送信される光信号は存在しない。このように、システムの初期状態では、全てのパスが閉じられ、どこも光信号を受信しない状態となる。

【0104】なお、AOTF143は、常に1波長を選択するためのRFF信号が印加されるので、光信号を選択しない場合にも、32波以外の場所を1つ選択するようなRFF信号を印加しておく。これにより、AOTF143に印加されるRFF信号のパワーが光信号を選択する場合もしない場合も同じになり、AOTF143の動作を安定化させることができる。

【0105】図15は、OADM装置によるドロップが行われる場合のAOTFの制御方法を示している。スループット側には、AOTF140には、32波の波長以外の場所に選択波長を設定するようなRFF信号をRFF信号発振器141で生成して、印加するようにする。RFF信号は光信号は選択しないが、32個の波長を選択するような32個の周波数からなるRFF信号が印加される。これは、図14のとき、AOTF140に32波分のRFF信号が印加されていたので、AOTF140の特性をあまり大きく変えたくないようにするため、わざと32個の周波数のRFF信号を印加しているのである。

【0106】これにより、32波全ての光信号はスループット側（出力側）に送信される。トリビュタリ局側には、光信号はドロップされない。したがって、光カプラ142にも光信号は入力されないが、AOTF143には、32波以外の波長位置を選択するようなRFF信号を印加しておく。このRFF信号は1波のみを選択するような1個の周波数からなるRFF信号である。これは、前述したように、AOTF143の動作が、RFF信号のパワーの変化によって変わってしまわないようにするためである。従って、光受器144では光信号は検出されない。

【0107】図16は、OADM装置でドロップはしないが、入力される光信号が波長毎に異なるパワーを有している場合のAOTFの制御方法を説明する図である。なお、図では、波長が $\lambda_1 \sim \lambda_{32}$ に行くに従ってパワーが大きくなる、いわゆる、チルトが起きている場合のみを示しているが、各波長のパワーが全くバラバラでも同じ作用を得ることができる。

【0108】すなわち、AOTF140に印加されるRFF信号のパワーの違いにより、ドロップされる光信号のパワーも異なってくるので、RFF発振器141からは、パワーの大きい波長の光信号をより多くドロップするようにし、パワーの小さい波長の光信号はより少くドロップ、あるいは、全くドロップしないようにする。このようにすることによって、スループット側（出力側）に出てくる光信号はパワーが揃って出てくるようになる。一方、トリビュタリ局側には、AOTF140に入力された時のパワーに応じた量のドロップ光が表れることになり、この光は、光アンプで増幅された後、光カプラ142で分岐されるが、AOTF143の選択波長を32波の波長域から十分離れた位置に設定することにより、AOTF143からは光信号が出力されない。従って、光

受器144では、光信号を受け取ることが無く、ドロップ動作は行われないことになる。

【0109】このように、AOTF140を波長をドロップするのみに使うのではなくて、波長毎のパワーの違いをなくするために使用することによって、システムの伝送品質の向上に役立てることができる。

【0110】なお、AOTF140には、やはり、常に32個分の波長を選択するための32個の周波数のRFF信号を印加するようにしておき、AOTF143には、1波のみを選択するための1個の周波数のRFF信号を印加するようにしておく。これにより、AOTF140及び143の動作を波長を選択するか否か、あるいは、選択する波長の数によらず、安定させることができる。

【0111】なお、上記した波長毎のパワーの違いを補償する動作は、制御CPUを設けておいて、ソフトウェアで行うようにしてもよい。図17は、OADM装置でドロップを行う場合の各AOTFの制御方法を説明する図である。

【0112】ここでは、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{32}$ の内、 λ_2 と λ_{32} のみをドロップする場合を考える。入力側から32波の光信号が入力されると、AOTF140には、波長 λ_2 と λ_{32} とを選択するようなRFF信号が印加されると共に、AOTF140の動作を安定化させるために、32波の光信号の波長から十分離れた位置に30波を選択するような30個の周波数のRFF信号をRFF信号発振器141で生成して、印加しておく。これにより、AOTF140に印加されるRFF信号は32波分を選択するものとなるが、実際にドロップされる光信号は波長 λ_2 と λ_{32} のみである。残りの波長の光信号はスループット側（出力側）へ送出される。

【0113】ドロップされた波長 λ_2 と λ_{32} は、トリビュタリ局側へ送られ、光カプラ142で分岐され、AOTF143に入力される。AOTF143は、1波のみを選択するように1波のみを選択するための1つの周波数のRFF信号が印加される。AOTF143の一方は、波長 λ_2 を選択し、もう一方は波長 λ_{32} を選択する。このようにして、光受器144の一方では、波長 λ_2 の光信号が受信され、もう一方では、波長 λ_{32} の光信号が受信される。

【0114】このように、AOTF140と143には、常に同じパワーのRFF信号を印加するようにしておき、AOTFの動作の安定を図る。また、波長多重された光信号間のパワーの違いを抑える働きも持たせることができる。

【0115】図18は、トリビュタリ局側での選択波長のトラッキングについて説明する図である。OADM装置のAOTF180からドロップされた光信号は光カプラ181でドロップされた波長成分（図図では4波）に分岐され、AOTF182で各波長が選択される。しかし、温度変化やRFF信号の周波数のずれなどにより、

(17) 関平 111-289296 32

ドロップされた光信号の波長と AOTF182 の選択波長とが一致する必要がある。そこで、AOTF182 の選択波長と一致させ、10:1 カプラ183 を設け、大半を光受信器で受信すると共に、一部をフォトダイオード PD185 でパワーを検出して、その結果をトラッキング回路186 に送るようにする。トラッキング回路186 では、AOTF182 に印加する RRF 信号の周波数を鑑かに変えて、あるいは、AOTF182 に印加する RRF 信号の周波数を低周波成分を重畳し、PD185 で受信される光信号のパワーの変化を検出し、各 PD185 で受信する光信号のパワーが最も大きくなるように制御する。これは、RRF 信号の周波数を大きくし、各 PD185 で受信する光信号のパワーが最も大ききほうと小さいほうに振ったときと小さいほうに振ったとき、周波数の大きいほうに振ったときと小さいほうに振ったときの両方で PD185 で受信する光信号のパワーが小さくなれば、中心の周波数のとき光信号の受信パワーが最大であることを示す。トラッキング回路186 は、このような状態を検出するように RRF 信号を調整して、トラッキングを行う。

【0116】図19は、OADM システムの AOTF の全体の制御を示す図である。同図で、図18と同じ番号のついていものは同じものなので詳しい説明を省略する。

【0117】OADM 装置の AOTF180 でドロップされた光信号がカプラ194 で分岐され、1×4 光スイッチを介して光スペクトルモニタ192 に入力されている。これは、OADM 装置の AOTF180 が光信号の波長を選択する場合に、適切に、ドロップすべき光信号の波長にマッチした動作を行っているか否かを検出するためのものである。すなわち、ドロップすべき光信号の波長と AOTF180 の選択波長特性とがずれている場合には、ドロップすべき光信号のスペクトルを完全にドロップすることができず、光信号に波形状化などを引き起こして好ましくないもので、AOTF180 に印加する RRF 信号の周波数とパワーを制御するためである。光スペクトルモニタ192 の解析結果は、OADM 装置制御 CPU193 に入力され、AOTF180 が適切に動作するように RRF 信号の制御信号が出力される。

【0118】また、図18で説明したトラッキング回路186 も OADM 装置制御 CPU と情報を交換し、AOTF182 を適切に動作するように制御する。トリビュタリ局のアド光信号生成側では、LD バンク202 から出力された光が、カプラ201 によって分岐され、AOTF200 によって波長選択されるが、この波長選択も適切に行われているか否かを監視し、AOTF200 を制御するために、カプラ199 で光を分岐し、PD198 で受光して結果をトラッキング回路203 に入力する。トラッキング回路203 は OADM 装置制御 CPU

(18) 関平 111-289296 33

ンスは以下のようにする。すなわち、AOTF182 を最初に駆動し、動作が安定したら、次に AOTF180 を駆動する。AOTF180 の動作が安定したら、光受信器184 でドロップ光信号を受信する。次に AOTF196、200 を駆動し、動作が安定したら、光受信器197 を駆動し、アド光信号を送出する。

【0123】図20は、AOTF への RRF 信号の印加の仕方を説明する図である。AOTF に突然 RRF 信号を印加すると、対応する光信号が突然選択され、出力される。ところで、AOTF はロスが大きいので、通常 AOTF の後段に AOTF が挿入される。この構成において、AOTF が突然光信号を選択し、光アンプに急に強度の大きい光が入力されると、光サージ現象が起きてしまう。これを防ぐためには、光アンプに入力される光が 50~60ms の時間をかけて立ち上がる必要がある。そこで、RRF 信号のパワーを 50~60ms かけて徐々に上げ、AOTF で選択される光のパワーは RRF 信号のパワーに一对一に対応するので、光 50~60ms かけて立ち上がるようになる。RRF 信号の立ち上がりとしては、アナログ的に滑らかに上昇させる方法もあるが、デジタル制御することを考え、50~60ms を n (n は自然数) ステップに分けて RRF 信号を上昇させるようにする。n は、設計時に回路をできるだけ簡便化しながら最適な効果が得られるように設定されるべきものである。

【0124】以上説明したような、AOTF を用いた OADM では、次のようなアップグレードが可能である。即ち、OADM の初期導入時には、アドするチャネル (波長) 及びドロップするチャネル (波長) を固定しておき、チャネル固定型の OADM として運用する。この場合、AOTF10 に印加する RRF 信号周波数 f1、f2、...、fn を固定することによって実現し、アド/ドロップするチャネルが固定であるため原理的には RRF 信号周波数を変化させる必要がなく、制御が容易である。

【0125】次に、任意のチャネル (波長) をアド/ドロップする機能を有する任意波長型の OADM が要求される場合には、AOTF10 に印加する RRF 信号周波数 f1、f2、...、fn を可変にする機能を設けるだけで実現できる。例えば、図1において、ドロップするチャネルを変更する場合には、AOTF10 に印加する RRF 信号周波数を変更するチャネル (波長) に合わせて変更すればよい。また、アドするチャネルを変更する場合には、LD19、8×8 カブラから構成されるレーザババンクを設け、8×8 カブラから出力される WDM 光 (波長多重化された光) から選択する波長を AOTF14 でチューニングすれば良い。この場合は、AOTF14 に印加する RRF 信号周波数を選択する波長に合わせて変えれば良い。

(18) 関平 111-289296 34

【0126】このように、AOTF 及びレーザバンクを用いることにより、OADM のハードウェアをほとんど変更することなく固定波長型から任意波長型へのアップグレードが可能となる。

【0127】図21は、AOTF の構成を示す図である。AOTF は、ニオブ酸リチウムの基板に同図太線のように光導波路を形成し、導波路の交差する部分に偏光ビームスプリッタ PBS を設けている。RRF 信号は、1-DT (inter digital transducer) と呼ばれる、鋸を交互に組み合わせたとような電極に印加される。1-DT に所定の周波数の RRF 信号が印加されると、弾性表面波 (SAW) が発生し、基板の表面を伝播する。この SAW が伝播することによる影響は、基板内部の光導波路にもおよび、屈折率を周期的に変化させて、基板内部に導波長板のような構造を形成する。SAW ガイドは、基板表面に設けられた金属膜であり、SAW はこのガイドに沿って進行する。

【0128】光入力から入力される光信号は、TE モードと TM モードとに分かれて別々の導波路を伝播する。ここで、入力された光信号のうち、SAW とちょうど相互作用する波長の光があると、上配した、薄い基板の作用により、TE モードと TM モードとが入れ替わり、ドロップ光信号として出力される。一方、SAW とちょうど相互作用する波長以外の波長の光は、SAW の影響がランダムに働き、TE モードと TM モードの入れ替えが起らない。従って、そのような波長の光は光出力カへスルー光として出力される。

【0129】同様に、同図のアド光信号が入力されると、PBS1 で TE モードと TM モードとに分岐されて進むが、アド光信号はドロップ光信号と同じ波長を有しているため、SAW と相互作用し、TE モードと TM モードとが入れ替わり、光出力として送られる。このようにして、光信号のアド動作が行われる。

【0130】ところで、ニオブ酸リチウムは、屈折率特性を有しているため、TE モードの伝播速度と TM モードの伝播速度は導波路内で異なってしまう。従って、モード変換を受けない波長の光は偏波モード分散を受け、たまに光出力として送られてしまう。一方、モード変換を受けた波長の光は導波路内でほぼ同じ時間 TE モードと TM モードでいるので、両方のモードで伝播する光学的長さが同じとなり、偏波モード分散は打ち消されて出力される。

【0131】なお、このような AOTF においては、導波路のパラメータ (長さ等) を適切に選んで、ロスを小さくしたり、選択特性の波長幅を狭くすることができ、選択特性の波長幅を狭くすることにより、クロストークを小さくすることができる。また、SAW ガイドを斜めに配置したことによっても、波長選択特性のサ

イドロープを小さくすることができたり、R F信号のパワーが少なくて済むなどの効果が得られる。また、P B Sを工夫することにより、ロスの変換依存性をなくすことができる。

【0132】図222は、図21のAOTFの透過特性を示した図である。同図には、ドロップポートの波長選択性にあるいは透過特性を示している。同図に示されるように、サイドローブが多く形成され、半値幅(FWHM)も、0.65nmとなっている。従って、図21の構成では、1T U-T G.692で規定される0.8nm間隔のグリッドに配置される波長をクロストークを少なくして、選択するのは困難である。

【0133】図23は、図21のAOTFを3段モノリシックに基板上に構成し、同一周波数のSAWで波長選択した場合の波長選択特性である。1段のAOTFの半値幅が0.65であるものを3段カスケードに接続すると、波長選択特性の幅が広がっているのが図(a)からわかる。同図(a)を拡大したものが同図(b)であり、半値幅が0.39nmとなっていることが分かる。これによれば、0.8nm間隔のグリッドに配置されている光信号を選択することが精度良くできるようになり、サイドローブの位置を調整することによって、クロストークをよくすることができ。

【0134】従って、図5〜図12で説明したOADM表置に収められているAOTFは全て、3段のAOTFをモノリシックに形成し、同一周波数のSAWで波長選択動作を行わせている構成を前提にしている。

【0135】図24は、AOTFの温度依存性に対する対応技術を説明する図である。AOTFは温度に敏感であり、1℃温度が上がると選択波長が0.73nmずれてしまう。WDMシステムにおいては、0.8nm間隔で隣のパネルの光信号が配置されていることを考えると、AOTFは温度が1℃上がっただけで、隣のパネルの波長を選択してしまうような特性を有している。従って、AOTFをWDMシステムのOADM表置に使用する場合には、温度変化に対するフィードバックをRF信号あるいは温度制御装置にかけなければならない。温度制御装置を設けてAOTFの温度を一定に保とうとしても、パネル素子等をAOTFの表面以外に設けてしまえば、温度勾配が生じるために表面の温度を正確に測定にすることは難しい。また、直接表面の温度を制御することも考えられるが、構造上パネル素子等温度を下げた、温度センサもAOTFの表面の温度を正確に測らなければならないので、従来の温度センサでは、その設置方法も難しい。しかし、SAWがAOTFの表面を伝播するものであった、AOTFの表面の温度に一番影響を受けることから表面の温度を何らかの方法で正確に検出し、表面の温度に対応した適切なフィードバックをかける必要がある。

に離れている場合には、サイドドロップが非常に小さくなるので、クロストークの発生は無視できる程度となるが、互いに近接している場合には、クロストークにより、出力される光信号のパワーがビートを生じてしまう。また、AOTFのSAWは定波とはなっており、光信号、進行波としてAOTF上を進行している。同図26号にドロップ効果による波長シフトを生じる。そこで、本実施形態では、AOTFに印加するR F信号の位相を制御して、ビート等を打ち消すようにする。図26は、3段構成のAOTFの格段に生じるSAWの位相差がない場合を示している。同図(a)は、4つのチャネルを選択するために発生されるSAWが互いに位相差0°となっていることを示している。

【0142】同図(b)の①は、AOTFの選択波長特性が時間とともにどのように変化するかを示したものであり、波長特性の縦軸は線形スケールである。②は、①の縦軸をデジスケール表示したものである。いずれも縦軸は波長である。また、③と④はスルーポート側の波長選択特性を線形スケールとデジスケールで示したものである。

【0143】同図(b)の①〜④から明らかのように、波長選択特性は、時間が経過するに従い、揺らぎを起すことが分かる。この揺らぎは、対応する波長の光信号をドロップしようとした時、選択波長の光信号のパワーの揺らぎを引き起こす。選択波長の時間の経過に伴う揺らぎの様子を示したのが③であり、④は、スルーポート側のドロップされた光波長のスルー側への漏れ具合を示したものである。

【0144】同図(b)から分かるように、3段構成のAOTFに単純に波長選択のためのSAWを発生させたのでは、選択された波長のパワーに揺らぎが生じ、これが大きく側で強度変動される光信号のデータが常に受信側で受信できなくなる可能性を示している。

【0145】図27は、AOTFの選択特性の揺らぎを防止する方法を示した図である。同図(a)に示されるように、本実施形態では、3段構成のAOTFで4つのチャネルを選択する場合、それぞれを選択するためのSAWの位相を周期的に変えてやる。このように、SAWの位相制御を行った場合の波長選択特性を示したのが、同図(b)である。①〜④に示されるように、波長選択特性の時間経過による揺らぎが抑圧されているのが分かる。ここで図26と同様に①と③は波長選択特性を縦軸を線形スケールに保って示したものであり、②と④は、時間経過による変化を重ね書きし、波長選択特性の縦軸をデジスケールで示したものである。

【0146】⑤はドロップポートに出力される選択波長のパワーレベルの変化を示した図である。同図(b)の⑤は、図26(b)の⑤と比較すれば明らかのように、パワーの揺らぎが抑圧されていることが分かる。パワーのレベルは0デジスケールから少し下がっているが、これ

は、ドロップポートに出力される光信号のレベル変化をSAWの位相制御で打ち消すことによって生じたロスである。また、⑥には、スルーポートの選択波長光信号の漏れ具合を示したものである。

【0147】このように、SAWをAOTFに印加する場合、3段構成の各段に発生するSAWの位相を制御することによって、ドロップされる光信号のパワーに生じるビートを抑制することができると分かる。また、スルーポート側でも漏れ光が極端に多くなったりすることがなくなると、AOTFの波長選択特性が良くなることが示されている。

【0148】このように、AOTFを単に3段構成にするのみではなく、各段に発生するSAWの位相をR F信号の位相を制御することによって、変えてやることによって、AOTFの波長選択特性をよりプレンなものとすることができる。従って、AOTFの波長選択時に生じるビートを抑制して、強度変動された光信号をより正確に受信することができるようになる。

【0149】図28は、AOTF駆動回路の回路構成を示す第1の例である。AOTF駆動回路を形成するに当たり、R F信号の発振周波数に対応する固定発振周波数の発振器を必要とするだけ用意しておき、これらの発振R F信号を適宜選択してAOTFに加えることにより、AOTFを駆動する方法が1つの駆動回路構成方法である。

【0150】同図は、チャネル1用に発振器OSC1が用意され、同様に、チャネル2用に発振器OSC2が、チャネル3用に発振器OSC3が、準備され、波長分割多重システムで用いられる全てのチャネルに対して、発振器OSCnまで設けられている。

【0151】これらの発振器OSC1〜nは固定周波数の発振器であった、これらが発振する信号をディバイダでそれぞれ3つに分割し(AOTFは3段構成で、R F信号を印加すべきIDTが1つのAOTFについて3つあるとしている)、1つは、位相遅延無しでカプラに入力される。2つめは、図27(a)の表にあるように、R F信号に位相遅延を与えるために位相遅延部が設けられている。同図の場合、1つの位相遅延部で与える位相遅延は120°となっている。

【0152】発振器OSC1からのR F信号は、ディバイダで分割された後、ポート1から出力されるR F信号は位相遅延無しに、カプラに送られ、1段目のAOTF #1に与えられる。ポート2から出力されるR F信号は、120°位相遅延を受けた後、カプラに入力され、2段目のAOTF #2に印加される。また、ポート3から出力されるR F信号は、120°の遅延を2回受け、240°位相遅延を受けてからカプラに入力され、3段目のAOTF #3に印加される。

【0153】同様に、チャネル2選択用の発振器OSC2から出力されるR F信号は、ディバイダで分割された

後、ポート1から出力される信号は位相遅延を受けずカプラに入力され、AOTF#1に印加される。ポート2から出力されるRF信号は、 240° の位相遅延を受けて、カプラに入力され、AOTF#2に印加される。ポート3からのRF信号は 120° の位相遅延を受けて、カプラに入力され、AOTF#3に印加される。

[0154] チャネル3用の発振器OSC3からのRF信号はディバイダで分岐された後、ポート1~3のいずれの信号も位相遅延を受けることなく、1~3段のAOTF#1~#3に印加される。

[0155] 後は、同様に、上記発振器OSC1~OSC3までの位相遅延の仕方を繰り返して、発振器OSCnまでをカプラに接続し、1~3段までのそれぞれAOTF#1~#3にRF信号が印加される。

[0156] 位相遅延部としては、ケーブルを長くするか、トランスを設け、信号を取り出す位置を変えたりとか、遅延線を使用する等が考えられる。ただし、トランスを使用した場合には、信号を取り出す位置によりインピーダンスが異なったりするので、あまり、好ましいとはいえず、また、遅延線はRF信号の波形が崩れる恐れがあるので、本実施形態においては、ケーブルを使うことによって位相遅延を与えている。ケーブルを使う場合、RF信号が 170MHz の場合、 120° 遅延を与えれば、 35cm 余分に長くしてやればよく、 240° 遅延を与えれば、 70cm 余分に長くしてやればよい。ただし、他の方法であっても、それぞれの欠点を解消するような方策をとれば、使用することができ。

[0157] 図29は、AOTFの駆動回路の概略構成を示す第2の例である。図28の場合には、どのような波長の光信号もドロップすることができよう、各チャネル用の発振器を全て用意していたので、ドロップする光信号の波長が、対応しない発振器は、設けられていないにも関わらず、使用されない状態となってしまう。つまり、無駄な発振器を用意していることになる。

[0158] とところで、電気信号の発振器は通常発振周波数を変えることができるようになっているので、発振器をドロップする波長の数だけ用意しておき、ドロップする光信号の波長が変わったときに発振器の発振周波数を変化させることによって、対応するような回路構成も可能である。このような構成の概略を示したのが図40である。

[0159] ここでは、ドロップされる光信号の波長数は8個であると決められているとする。この場合、発振器はOSC1~OSC8の8つのみを設けておく。各発振器OSC1~OSC8から出力されるRF信号は、3段のAOTFのいずれかに印加されるためのディバイダで三分岐され、三分岐されたRF信号は、更に後段ディバイダによって3つに分岐される。このようにして後段のディバイダによって3つに分けられたRF信号は、そ

器との組み合わせで行う方法が提案されている。

[0165] 英システムにおいては、使用する伝送路の分散値、非線形係数、非線形効果の効率に大きく影響する各波長の伝送入力光パワー等が生じが生じる。これらばらつきが生じた場合でも伝送特性に影響を与えない方法を採用する必要がある。また、光波ネットワークにおいては、各波長は任意のノードで、分岐、挿入されるため、波長によって伝送ルートが異なる。この場合にも伝送品質を保持する必要がある。

[0166] 従って、本実施形態では、ブリチャープと分散補償値とを組み合わせ、さらに分散補償値の挿入位置、分散補償値、送信部でのブリチャープ量 (α パラメータ) の最適化により問題を解決する。

[0167] 以下に、具体的に説明する。OADMシステムは、図回 (a) に示されるように、送信部と受信部の間を伝送路で結び、伝送路中に、光アンプや分散補償手段、OADMノードが接続された構成となっている。送信部は、各電気信号を波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ までの光信号に変換するE/O変換が設けられ、これらによって生成された光信号がマルチプレクサMUXによって波長多重され送出される。波長多重された光信号は光アンプで増幅され、分散補償手段によって分散が補償されてから再び光アンプで増幅されて、伝送路に送出される。伝送路の分散値を 16ps/nm/km で、 80km で (光アンプ間やOADM装置間等) ノード間の伝送路のことをスパ

ンと呼ぶ) 4スパン (送信部と受信部の間にノードが3つ入っている構成を示す。同図の場合、ノードとして2つの光アンプと分散補償手段の組み合わせ2つとOADMノードが1つ入れられている。) の場合、送信部の分散補償手段の補償値は、例えば、 -700ps/nm である。また、途中に入れられるノードとしての分散補償手段の分散補償値は例えば -1200ps/nm である。受信部は、光アンプに挟まれた分散補償手段と、波長多重された光信号を分散するデマルチプレクサDMUXと、分散された波長の光信号を電気信号に変換するO/E装置とからなっている。ここで、受信部の分散補償手段の補償値は例えば -1200ps/nm である。このとき、受信部でのトレランスは $\pm 200\text{ps/nm}$ となる。

[0168] このように、各分散補償手段の分散値を数値としてやると 80km を4スパン伝送する波長分割多重システムにおいては、最適な分散補償値をすることができ。同図 (b) は、分散補償手段を構成する場合の光アンプとの組み合わせの变形例を示した図である。

[0169] 同図 (b) 上段は分散補償手段が非線形効果を示しやすく、しかもロスが大きい場合の構成である。先ず、分散補償手段のロスを補償し、しかも分散補償手段内で非線形効果が起こらないようにするために、所定のレベルまで光信号のレベルを増幅する前段光アンプを設ける。ここで、所定のレベルまで増幅された光信

号は、分散補償手段に入力され、分散補償される。分散補償手段から出力された光信号は、後段の光アンプによって、例えば 80km 伝送し、次の光中継器まで光信号を送信するのに必要なレベルまで増幅される。

[0170] 同図 (b) 中段は分散補償手段のロスが小さい場合に可能な構成である。伝送されてきた光信号は、増幅されないまま分散補償手段に入力され、分散が補償されてから、光アンプで増幅される。この場合は、分散補償手段のロスが小さいので、分散補償手段を通して後の光信号のレベルがあまり小さくなくなっているだけで、後から光アンプで増幅してもSN比をあまり悪くすることない。

[0171] 一方、同図 (b) 下段は、分散補償手段がファイバグレーディングを使ったもののように非線形効果をあまり示さない場合に可能な構成である。この場合には、光アンプで光信号を増幅してから分散補償手段に入力している。光アンプで光信号は非常にパワーの大きい信号となるが、分散補償手段が非線形効果をあまり示さないもので、非線形効果による波形劣化を招く恐れはほとんどない。従って、先に光アンプを設けることが可能である。このとき、分散補償手段のロスが大きいくとも先に光アンプで増幅しているのので、分散補償値を通して後で十分なSN比を維持することができ。

[0172] 分散補償手段としては、分散補償ファイバを使うことが一般的であるが、分散補償ファイバは、ロスが大きく、しかも入力する光信号のレベルが所定値より大きく非線形効果を示すので、入力の前には、所定値より小さいレベルまで光信号を増幅し、分散補償後再び遠くまで伝送するために光パワーを挙げてやる必要がある。従って、分散補償ファイバを分散補償手段として使用する場合には、同図 (b) の上段の構成を使用するのが好ましい。

[0173] 図31は、OADM装置部分の分散補償のための構成を示す図である。OADM装置では、ドロップされる光信号に対しては、図30の送信部から受信部に送信される光信号と同様に分散補償を受けられるように分散補償器を配置し、トリビュタリ局に送信するようにする。一方、アドされる光信号に対しては、やはり、トリビュタリ局からOADM装置を通して受信部に送信される光信号は、図30の送信部から受信部に送信される光信号と同様に分散補償を受けられるように構成する。

[0174] 同図 (a) では、送信側から伝送されてきた光信号は、図30の伝送路中に設けられる分散補償手段の分散補償値と同じ -1200ps/nm の補償値を有する分散補償手段によって分散補償される。OADM装置に入力する。スルーする光信号は、OADM装置がなかったようにそのまま伝送されていく。一方、ドロップされる光信号も -1200ps/nm の補償を受けて、ドロップされトリビュタリ局に送信されるので、トリ

ビュータリ局で受信されるときは、図30の送信部から受信部にスルーして受信される光信号と同じ分散補償を受けることができる。一方、アドされる光信号は、アドポート側に、図30では、送信部に設けられていた700ps/nmの補償量を有する分散補償手段に対応する分散補償手段が設けられる。従って、トリビュタリ局からそのまま送出された光信号は、アドポート側の分散補償手段によって、図30の送信部でアドされることになる。アドされた後は、他の光信号と同一に分散補償されるので、トリビュタリ局からアドされる光信号も、受信側に送信されるときには、図30の送信部から受信部にスルーして送信される光信号と同様の分散補償を受けて伝送される。

【0175】このように、OADM装置をスルーする光信号も、アド・ドロップされる光信号もそれぞれの端局に伝送される間に同じような方で分散補償されるように分散補償手段をネットワークに組み込むようにする。

【0176】図(b)は、OADM装置の別の構成例である。OADM装置の中には、光信号をドロップする20のためのAOTF等の分岐回路と、光信号をアドするため

の光カブラ、AOTF、あるいは合波器等の挿入回路とが設けられている。図(a)で述べたように、アド・ドロップされる光信号も、図30の送信部から受信部にスルーする光信号と同じように分散補償をするために、OADM装置の前段には、補償量1200ps/nmの分散補償手段が設けられており、アド側には、700ps/nmの分散補償手段が設けられている。図(b)の構成は、AOTFをドロップ専用で使用し、アドは光カブラ等で行うという構成をしており、図5〜図12に示したOADM装置の具体的な構成に対応している。

【0177】図32、33は、送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示す図である。送信部、受信部及びOADM装置のアド側、ドロップ側は、伝送路の経時劣化や破損回復による割入れ等により補償量を調整できることが好ましい。そこで、分散補償手段を補償量の可変構成とすることが有力である。

【0178】図32(a)は、1〜nの補償量の異なる分散補償手段(例えば、分散補償ファイバ)を設け、入力された光信号を光カブラ等で等しく分岐し、光スイッ

チを各分散補償手段毎に設けておいて、いずれかの分散補償手段を選択するようにする。従って、光信号は、1〜nの異なる補償量を有する分散補償手段のいずれかを通じて出力されることになる。最も分散補償手段を選択することにより、伝送路の伝送特性の変化に対応することができようになる。

【0179】図32(b)は、1〜nの異なる補償量を有する分散補償手段を設けると共に、出力側に1×n光信号を設けるようにする。このようにすれば、1〜nの分散補償手段それぞれに光スイッチを設ける必要がなくなる。入力された光信号は、光カブラで分岐され、全ての分散補償手段に等しく入力され、分散補償されるが、1×n光スイッチで、最適な分散補償された光信号を選択して出力するようにしている。

【0180】図33(a)は、入力側に1×n光スイッチを設け、1〜nの分散補償手段のいずれか1つ、最適に分散補償することのできる分散補償手段に光信号を入力するよう構成されている。1×n光スイッチで光路が選択された光信号は、対応する分散補償手段を通して、光カブラを介して出力される。

【0181】図33(b)は、光カブラを使用する代わりに1×n光スイッチを使用する構成例を示している。入力した光信号は1×n光スイッチにより、1〜nのいずれかの分散補償手段に全てのパワーが送られることになるので、実際には使用されない光路に光信号のパワーを分割して送出してしまうことがない。

【0183】図34〜37は、分散補償するための構成の變形例を示した図である。図34は、光スイッチまたは、光カブラ340を使用した例であり、補償量が同じ、あるいは、異なる分散補償ファイバ等の分散補償手段を直列に接続し、分散補償手段を複数通過させることにより、光信号の分散補償を最適化してやるというものである。入力した光信号は、分散補償手段を通過するが、分散補償手段の後に設けられた光スイッチ341により、光路が変えられ、光スイッチまたは光カブラ340へと送られ、出力される。どの光スイッチで光路が切り替えられるかにより、通過する分散補償手段の数が異なるので、補償される分散の量も異なってくる。

【0184】図35は、迂回路を作って、光信号が通過する分散補償手段の数を種類を変えてやる構成である。入力した光信号は、光スイッチ350によって次段の分散補償手段を迂回するか通過するか切り換えられる。直列に接続されている分散補償手段のそれぞれの前段には、光スイッチ350が設けられており、各光スイッチの次段の分散補償手段を光信号に通過させるか否かが決定できるようにしている。同図の構成の場合には、迂回路が形成されているため、後に設けられている分散

補償手段に光信号を通過させるのに、前段の分散補償手段を通過させる必要がないので、分散補償手段によって補償する分散補償量の大小をより自由に設定できる。

【0185】図36は、図34の變形例である。各分散補償手段の後段には、光カブラ362が設けられており、光信号が分岐されるようになっている。この構成によれば、同構成で可能な分散補償量の種類を受けた全ての光信号が、それぞれの光スイッチ360まで送られてきており、光スイッチ360の内1つを開いてやることにより、最も良く分散補償された光信号を光スイッチまたは光カブラ361に送ることができ、光スイッチまたは光カブラ361から、このようにして選択された最も良く分散補償された光信号を送出することができ、この構成では、光信号が光スイッチまたは光カブラ361に送られるか否かに関わらず、光カブラ362によって分岐されてしまうので、後段の分散補償手段に入力される光信号ほどパワーが小さくなってしまいうという性質がある。

【0186】図37は、図36の更なる變形例である。各分散補償手段の後段には光カブラ370が設けられており、各分散補償手段によって分散補償された光信号が光スイッチ371に入力される。光スイッチはさまざまな分散補償を受けた光信号のうち最も良く分散補償された光信号を選択して出力する。この場合には、光信号は、分散補償手段を順次通過するうちに、その後の光カブラ370で分岐されてしまうことにより、パワーが小さくなってしまいうという性質を持っている。

【0187】図38、39は、分散補償と波形成特性について示した図である。図38は、10Gbpsで、8波多重した場合には、80kmを4スパン伝送したときの波形成を示している。伝送路(シングルモードファイバ; SMF)への入力パワーは1チャネル当たり平均で+10dBm、送信局側でαパラメータ=1のプリチャープを行っており、送信局でαパラメータ=1のプリチャープを行っており、送信局と受信局で同じ大きさの分散補償量を持つ分散補償ファイバで分散補償している。

【0188】1S劣化とは符号間干渉による劣化のことであり、信号の振幅方向の劣化を表している。1S劣化は、0%に近いほど良い。位相マージンは、光信号の位相方向の劣化を表すものであり、100%に近いほど良い。

【0189】今、光信号の劣化量の許容範囲を1S劣化が10%、位相マージンが70%であるとすると、同図の上から突っ出ているグラフの1S劣化が10%である部分で特出部分が、いづれのチャネルに対してもほぼ1000〜1200ps/nm/unitの範囲にあることが分かる。一方、同図の下から突出しているグラフの位相マージンが70%である部分の幅が、いづれのチャネルに対してもほぼ1150〜1300ps/nm/u

nitの範囲であることが分かる。

【0190】上記両者の範囲の重なった部分が、分散補償量のトレランスである。このトレランスが広いほうが良いのであるが、同図では、非常に狭いことが分かる。図39は、図38の条件において、送信局で受信局と同じ量の分散補償をしており、中継器は送信局や受信局の分散補償量の2倍の分散補償を行っている。また、送信局では、送信局でαパラメータ=+1のプリチャープを行っている。

【0191】同図ではトレランスの広がりがわかりにくい。送信局で分散補償を行うとともに、αパラメータが正のプリチャープを行うことによって、分散トレランスを広くすることができる。

【0192】これをわかりやすく示したのが図40である。図40は、位相マージンが70%以上である場合の分散トレランスを示した図である。

【0193】図(a)は、送信側でαパラメータ=+1のプリチャープを行った場合を示し、図(b)は、送信側でαパラメータ=−1のプリチャープを行った場合を示す。図(a)は、10Gbpsの伝送速度で、16波長多重し、4スパン伝送したものである。同図では、グラフの上方に位相マージンが70%以上を満たす上限が示されており、グラフの下方に下限が示されている。この上限と下限の間が分散トレランスである。同図(b)のように、送信側で負のプリチャープを行った場合には、上限と下限がほとんどくっついてしまし、トレランスがほとんどないことが示されている。これに対し、図(a)のように、送信側で正のプリチャープを行った場合には、上限と下限に幅があり、分散トレランスが大きく取れることが分かる。分散トレランスが大き

いことは、中継器(インラインアンプ)の分散補償量を一定に保っていても、伝送路のスパンの長さの変化によらず同じ伝送特性で光信号を送送することができるとを示している。これは、光信号の分岐、挿入や復時の割入れ等によって、伝送路のスパン長が変わってしまった。伝送路劣化により伝送路の長さは同じでも光信号の感じの光路長が長くなってしまった場合にはインラインアンプの分散補償量を減らすことで済むという点であり、実際のシステムを構築する上で有利になる。

【0194】以下に、OADM装置を使ってネットワークを構築する際に必要とされる冗長構成(バypassプロセッサ)の構成例を説明する。図41は、2ファイバLSRのOADMノードの構成を示した図である。

【0195】同図では、32波を多重する波長分割多重システムを前提に説明する。BLSRでは、2ファイバでより伝送路と取り伝送路の冗長化を行うため、波長チャネルの半分を現用(Work)、残り半分を予備(Protect)として使用する。例えば、同図では、西から東への通信には、波長λ1〜λ16を現用として使用し、東

から西への通信には、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ を現用として使用している。

【0196】正常時は、西から来た光信号は、 1×2 カブラ410から光ルーブバックスイッチ411を通り、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ までを現用として使用している波長Add/Drop部412に入力される。波長Add/Drop部412から出力される光信号は、光ルーブバックスイッチ413を通じて 1×2 カブラ414を介して伝送路に送出される。同様に、東から西に光信号を送信する場合には、 1×2 カブラ419から光ルーブバックスイッチ418を介して波長Add/Drop部417に入力される。波長Add/Drop部417では、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ を現用として使用している。波長Add/Drop部417から送出される光信号は、光ルーブバックスイッチ416を介して、 1×2 カブラ415と波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ を通じて、西側に送出される。なお、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ と波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ は、それぞれ同じ情報を常に運んでいる。

【0197】ここで、図42に示すように西側にケープル切断が起こり、西側へ光信号を送信できない、あるいは、西側から光信号を受信できなくなったとすると、東側から送られてくる波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ の予備回路が波長Add/Drop部412の現用装置により処理され、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ の現用回路が波長Add/Drop部417の現用装置により処理される。すなわち、東側から送られてきた光信号は、 1×2 カブラ419で光ルーブバックスイッチ418に送られると共に、光ルーブバックスイッチ411にも送られている。光ルーブバックスイッチ411は、西側からのバスを切

断し、 1×2 カブラ419からの光信号を波長Add/Drop部412に送信するようにする。波長Add/Drop部412は、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ の光信号を現用の装置で処理し、光ルーブバックスイッチ413と 1×2 カブラ414を介して東側へ送出する。 1×2 カブラ419からのもう一方の光信号は、光ルーブバックスイッチ418を介して波長Add/Drop部417に入力され、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ までを現用装置で処理し、出力する。波長Add/Drop部417から出力された光信号は、光ルーブバックスイッチ416で光路が切り換えられ、 1×2 カブラ414から東側へ送出される。

【0198】図43に示すように、東側にケープル切断が生じた場合は、上記説明と同じであって、ただし、光ルーブバックスイッチ418が上記説明の光ルーブバックスイッチ411の動作をし、光ルーブバックスイッチ413が上記説明の光ルーブバックスイッチ416の動作をするようになる。

【0199】同図のように、波長Add/Drop部412で現用として使う波長と予備として使う波長とを波長Add/Drop部417では、現用と予備を入れ換

えて使用することにより、ケープル切断が生じて、光信号の折り返しが必要になった場合に、光信号の波長変換を行う必要がなくなる。従って、装置の構成を簡単化でき、コストの低減に寄与するところが多い。

【0200】同図のような装置構成は、BLSR (Bidirectional Line Switch Ring) という名前が示すように、リング状のネットワーク (図44、45参照) において採用される。

【0201】図44は、正常時のリングネットワークを示す。OADMノードA、B、C、Dは図41にて説明したOADMノードと同一の状態にある。図45はOADMノードAの西側で光ケープル断が生じた場合のリングネットワークの構成を示す図である。この場合OADMノードAでは、図42のようにルーブバックスイッチ411、416が切り替わる。また、OADMノードでは、図43に示すようにルーブバックスイッチ413、418が切り替わる。

【0202】図46は、4ファイバBLSRのOADMノードの構成を示す図である。4ファイバBLSRにおいては、波長Add/Drop部も2重化されており、西側から東側へ向かう回路には、現用の波長Add/Drop部423と予備の波長Add/Drop部424が設けられ、東側から西側へ向かう回路には、現用の波長Add/Drop部431と予備の波長Add/Drop部432が設けられている。また、4ファイバBLSRにおいては、伝送路も現用と予備が設けられており、例えば、32波のチャネルを現用と予備に分ける必要はなく、32波すべてを現用として使用することができ

る。

【0203】 $1+1$ プロテクションにおいては、現用伝送路と予備伝送路に常に同じ情報が流れている。通常動作では、西側から入力された光信号は、光ルーブバックスイッチ426、427を通じて、 $1+1$ プロテクションスイッチ425に入力する。 $1+1$ プロテクションスイッチ425では、現用回路と予備回路の切り替えを行う。一般に、現用の波長Add/Drop部423には、SN比の良い回路の光信号が入力される。 $1+1$ プロテクションスイッチ425から出力された光信号は、それぞれ現用の波長Add/Drop部423あるいは予備の波長Add/Drop部424に入力され、処理された後、 $1+1$ プロテクションスイッチ422に入力される。 $1+1$ プロテクションスイッチ422では、現用と予備の切り替えが行われ、出力された光信号は、光ルーブバックスイッチ420、421を介して東側へ送出される。

【0204】東側から西側へ送られる光信号は、光ルーブバックスイッチ434、435及び $1+1$ プロテクションスイッチ433を介して、それぞれ現用波長Add/Drop部431及び予備波長Add/Drop部432に入力されて、処理される。現用及び予備の波長

Add/Drop部431、432から出力された光信号は、 $1+1$ プロテクションスイッチ430、光ルーブバックスイッチ428、429を介して西側へ送出される。

【0205】図46のOADMノードによりリングネットワークを構成した場合の例を図47に示す。図46のノードの西側のケープルがすべて切断などにより使用できなくなった場合には、このノードで折り返し転送が行われる。東側の現用回路から入力した光信号は、そのまま現用の波長Add/Drop部431に入力される。現用の波長Add/Drop部431から出力された光信号は、 $1+1$ プロテクションスイッチを介して光ルーブバックスイッチ428に入力されるが、西側へは送信されず、光ルーブバックスイッチ421へ転送され、予備回路を使って東側へ送信される。一方、東側の予備回路から入力された光信号は、西側のケープル切断等により、光ルーブバックスイッチ435によって、光ルーブバックスイッチ426に転送される。光ルーブバックスイッチ426は、転送されてきた光信号を $1+1$ プロテクションスイッチ425を介して現用の波長Add/Drop部423に入力する。この光信号が現用の波長Add/Drop部423から出力されると、 $1+1$ プロテクションスイッチ422、光ルーブバックスイッチ420を介して東側へ現用回路を使って送信される。

【0206】図48のOADMノードAの動作が以上の説明に対応する。東側のケープルがすべて使えなくなった場合は、上記説明と同様であって、ただし、光ルーブバックスイッチ428の動作を光ルーブバックスイッチ420が、光ルーブバックスイッチ435と426の動作を光ルーブバックスイッチ427と434が行う。

【0207】図48のOADMノードBの動作が以上の説明に対応する。4ファイバBLSRでは、現用の波長Add/Drop部423と予備の波長Add/Drop部424の切断が同時に起きても対応することができる。例えば、図49に示すように、現用の波長Add/Drop部423が故障し、西側へ向かう現用回路が同時に切断されたとする。このときは、東側の現用回路から入力された光信号は、現用の波長Add/Drop部431を介して $1+1$ プロテクションスイッチ430でバスが予備側に切り換えられ、光ルーブバックスイッチ429を介して西側へ送出される。一方、西側の現用回路から入力された光信号は、 $1+1$ プロテクションスイッチ425で予備の波長Add/Drop部424に送られる。予備の波長Add/Drop部424から送出された光信号は、 $1+1$ プロテクションスイッチ422によって、光ルーブバックスイッチ420に送られ、現用回路を使って、東側へ送出される。

【0208】このように、伝送路の現用回路が使えなくなった、あるいは、現用の波長Add/Drop部が使

えなくなった場合には、 $1+1$ プロテクションスイッチ430が現用と予備を切り替えて障害を克服する。

【0209】図50は、1つのファイバで両方向伝送を行うシステムにおける2ファイバBLSRのノード構成である。同図の構成では、現用回路の東側から入力した光信号は、BD-WDMカブラ440で分岐され、光ルーブバックスイッチ442を介して現用波長Add/Drop部のうち、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ を扱う (波長多重数を32と仮定している) 装置444に入力する。ここ

で、BD-WDMカブラとは、Bi-Directional-WDMカブラという意味である。装置444から出力された光信号は光ルーブバックスイッチ446を介してBD-WDMカブラ447に入力され、現用回路を使用して西側に送出される。一方、現用回路を介して西側から入力した波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ の光信号は、光ルーブバックスイッチ445を介して現用の波長Add/Drop部の内、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ を扱う装置443に入力される。装置443から出力される光信号は、光ルーブバックスイッチ441を介してBD-WDMカブラ440で面向きの

光信号と合波されて現用回路を東向きに伝送される。

【0210】このように、1つのファイバで両方向伝送を行う場合は、互いに逆方向に伝播する光信号の干渉が大きくならないように、異なる波長を使うようにする。

例えば、同図では、西から東へ向かう信号を波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ とし、東から西へ向かう信号を波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ としている。

【0211】通常時における予備側の動作は、現用側の動作と同じであるが、使用される波長が異なっている。すなわち、西から東へ向かう光信号の波長は $\lambda 17 \sim \lambda 32$ であり、東から西へ向かう光信号の波長は $\lambda 1 \sim \lambda 16$ となっている。

【0212】ここで、図51に示すようにOADMノードの西側の伝送路が現用も予備も使用できなくなつたとすると、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ の光信号は、東側から予備回路を使って、BD-WDMカブラ448に入力され、光ルーブバックスイッチ450を介して光ルーブバックスイッチ445に転送される。光ルーブバックスイッチ445は、転送された光信号を現用の波長Add/Drop部の波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ を処理する装置443に

入力する。装置443から出力された光信号は、光ルーブバックスイッチ441を介してBD-WDMカブラ440に入力され、東側へ現用回路を使用して伝送される。

【0213】一方、東側から現用回路を使ってBD-WDMカブラ440に入力した、波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ までの光信号は、光ルーブバックスイッチ442を介して装置444に入力され、処理される。装置444から出力された光信号は、光ルーブバックスイッチ446で、光ルーブバックスイッチ449に転送され、BD-WDMカブラ448を介して、予備回路を使って東側へ送出さ

70-4を中継される間の光信号のレベルの変化とSN光の劣化の様子を示している。同図(b)に示されるように、光信号のレベルは光アンプ470-1~470-4でそれぞれ増幅され、伝送路を伝播するに従って減衰するということを繰り返している。従って、光信号のレベルのみに着目すれば、伝送路に適当な間隔で光アンプを配置しておけばよい。しかし、同図(b)のSN比のグラフに示されるように、光アンプでは、光信号にASE (Amplified Spontaneous Emission) というノイズが積み重ねられていくので、SN比は徐々に悪化していく。SN比の劣化は、劣化すればするほど悪化の仕方が小さくなっていくが、そのような状態になると光信号の情報を正確に読み取ることができなくなってしまう。従って、SN比が悪くなりすぎない内に、再生器471を使って光信号の再生を行わなくてはならない。再生器471は、受信した波長多重された光信号を各波長に分散し、各波長毎に光受信器ORで光受信し、3R処理を行って電気信号を生成し、この電気信号で光送信器OSで光信号に変換して送出する。各波長毎に再生された光信号は互いに合波されて波長多重光信号として伝送路に再び送出される。

【0221】図55は、光1+1プロテクションスイッ10チの構成例を示した図である。OADMノードは光1+1プロテクションスイッチによって冗長化がなされているが、光1+1プロテクションスイッチが故障した場合には、冗長化が機能しなくなるので、光1+1プロテクションスイッチそのものも冗長化しておくのが好ましい。

【0217】図55は、光1+1プロテクションスイッ20チの構成例を示した図である。OADMノードは光1+1プロテクションスイッチによって冗長化がなされているが、光1+1プロテクションスイッチが故障した場合

には、冗長化が機能しなくなるので、光1+1プロテクションスイッチそのものも冗長化しておくのが好ましい。

【0218】入力側から入力された光信号は、2×1カプラ460、461によってそれぞれ2分岐され、ゲートスイッチ462~465に入力される。ゲートスイッチ462~465を通過した光信号は、2×1カプラ466、467から出力側に出力される。2×1カプラ466、467の内、いずれかが故障した場合には、ゲートスイッチ462、463か、ゲートスイッチ464、465のいずれかを開いた状態にし、もう一方を閉じて、光信号を送り出すようにする。また、2×1カプラ460、461のいずれか一方が故障した場合には、ゲートスイッチ462、464か、ゲートスイッチ463、465のいずれかを開いた状態にし、もう一方を閉じて、光信号を送り出すようにする。

【0219】このように、ゲートスイッチ462~465を切り替えることによって、2×1カプラ460、461、466、467のいずれかが故障しても対応することができ。

【0220】図56は、光伝送路において、再生器をどのように挿入するかに関する考え方を説明する図である。同図(a)に示されるように、光伝送路には、光アンプ470-1~470-4が設けられ、これら光アンプ470-1~470-4を所定数中継した後再生器471で光信号の再生を行う。

【0221】同図(b)には、光アンプ470-1~470-50

の第1の例を示す図(その1)である。

【図6】AOTFを使用したOADM装置の具体的構成の第1の例を示す図(その2)である。

【図7】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の第2の例を示す図(その1)である。

【図8】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の第2の例を示す図(その2)である。

【図9】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成の第3の例を示す図(その1)である。

【図10】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成の第3の例を示す図(その2)である。

【図11】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成の第4の例を示す図(その1)である。

【図12】AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成の第4の例を示す図(その2)である。

【図13】アド光信号を生成するための光を供給するために使用されるレーザバンクの構成及び概念を説明する図である。

【図14】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その1)である。

【図15】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その2)である。

【図16】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その3)である。

【図17】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その4)である。

【図18】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その5)である。

【図19】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その6)である。

【図20】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その7)である。

【図21】AOTFの構成を示す図である。

【図22】図21のAOTFの透過特性を示した図である。

【図23】図21のAOTFを3段モノリシックに基板上に構成し、同一周波数のSAWで波長選択した場合の波長選択特性である。

【図24】AOTFの温度依存性に対する対応技術を説明する図である。

【図25】共振器の温度依存性を示す図である。

【図26】3段構成のAOTFの選択特性の揺らぎと揺らぎ防止対策を説明する図(その1)である。

【図27】3段構成のAOTFの選択特性の揺らぎと揺らぎ防止対策を説明する図(その2)である。

【図28】AOTF駆動回路の概略構成を示す第1の例を示す図である。

【図29】AOTFの駆動回路の概略構成を示す第2の例を示す図である。

【図30】OADM装置を含むOADMシステムの50

テム設計を説明する図である。

【図31】OADM装置部分の分散補償のための構成を示す図である。

【図32】送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示す図(その1)である。

【図33】送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示す図(その2)である。

【図34】分散補償するための構成の変形例を示した図(その1)である。

【図35】分散補償するための構成の変形例を示した図(その2)である。

【図36】分散補償するための構成の変形例を示した図(その3)である。

【図37】分散補償するための構成の変形例を示した図(その4)である。

【図38】分散補償と波形状化特性について示した図(その1)である。

【図39】分散補償と波形状化特性について示した図(その2)である。

【図40】位相マージンが70%以上である場合の分散トレランスを示した図である。

【図41】2ファイバBLSRのOADMノードの構成を示した図である。

【図42】2ファイバBLSRのOADMノードのブロックシヨンプスを説明する図(その1)である。

【図43】2ファイバBLSRのOADMノードのブロックシヨンプスを説明する図(その2)である。

【図44】OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。

【図45】OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

【図46】4ファイバBLSRのOADMノードの構成を示す図である。

【図47】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。

【図48】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

【図49】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークのノード障害・光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

【図50】1つのファイバで両方向伝送を行うシステムにおける2ファイバBLSRのノード構成である。

【図51】2ファイバBLSRネットワークに双方向OADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図(その1)である。

【図52】2ファイバBLSRネットワークに双方向OADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図(その2)である。

【図53】2ファイバBLSRネットワークに双方向OADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図(その3)である。

【図54】2ファイバBLSRネットワークに双方向OADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図(その4)である。

ADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図(その2)である。

【図53】 双方向OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。

【図54】 双方向OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの光ケーブリング断線時の構成を説明する図である。

【図55】 光1+1プロテクションスイッチの構成例を示した図である。

【図56】 光伝送路において、再生器をどのように挿入するかに関する考え方を説明する図である。

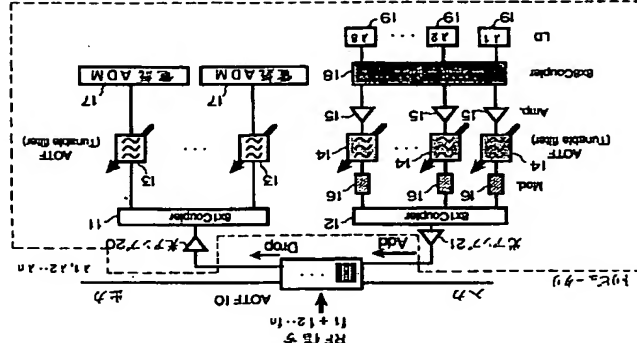
【図57】 光スイッチを用いた光ADM(OADM)装置の構成の一例を示した図である。

【符号の説明】

- 10, 13, 14, 31, 32, 42, 43, 140, 143, 180, 182, 196, 200 AOT
- 11, 12 8×1カブラ
- 15, 20, 21, 30, 34, 40, 45, 136, 20, 3, 454 光ループバックスイッチ
- 137 光アンプ
- 16, 50, 197 (光) 変調器
- 17 電気ADM
- 18 8×8カブラ
- 19, 139 レーザダイオード
- 33, 35, 36, 41, 44, 46, 47, 142, 181, 190, 191, 194, 195, 199, 2
- 01 光カブラ
- 37, 48, 49 波長選択フィルタ(AOTF)
- 60~63 1×2スイッチ
- 130, 202 レーザバンク
- 131 分配器
- 132 チューナブルフィルタ
- 133, 192 (光) スペクトルモニタ

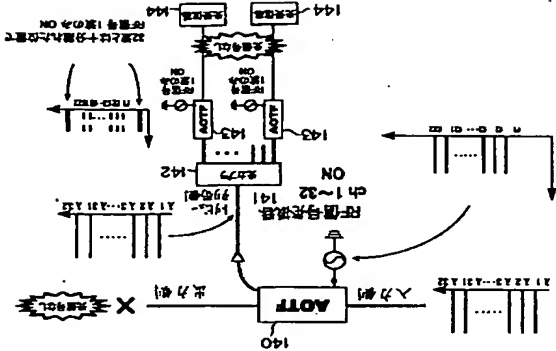
【図1】

AOTFを用いたOADM装置の基本的原理を示す図



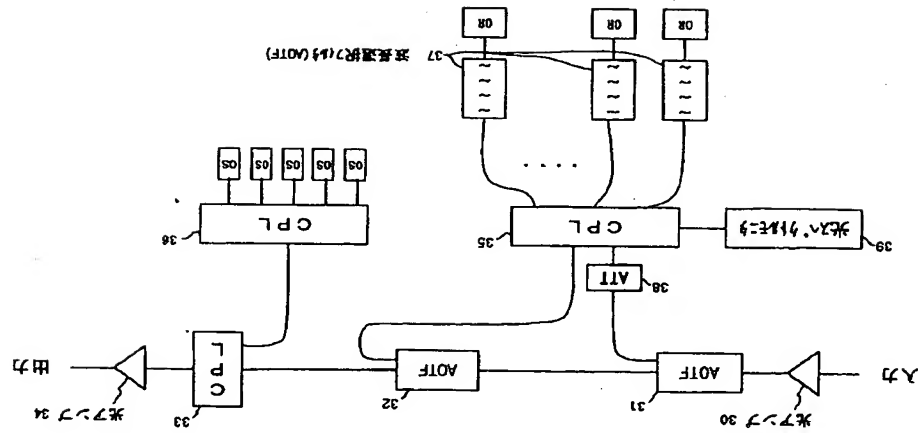
【図14】

OADM装置に光ループバック用AOTFの制御方法を説明する図(その1)



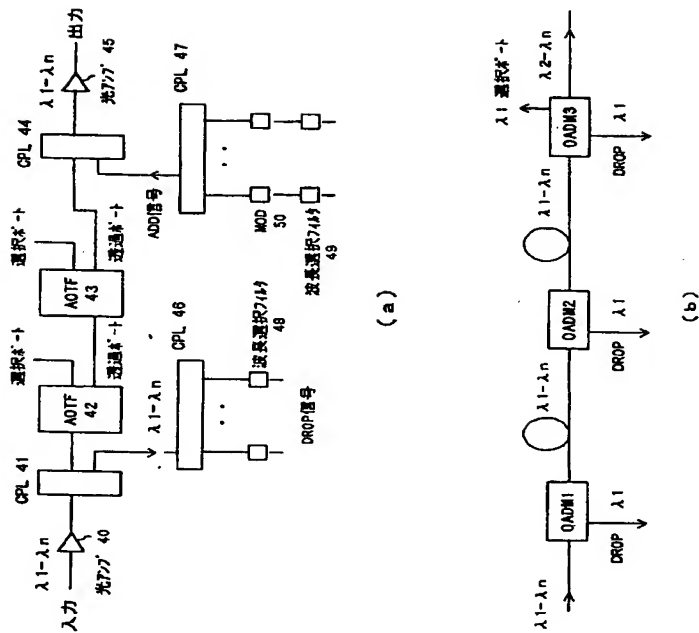
【図2】

実際のAOTFを使用してOADM装置を構成する場合の基本的構成例のブロック図



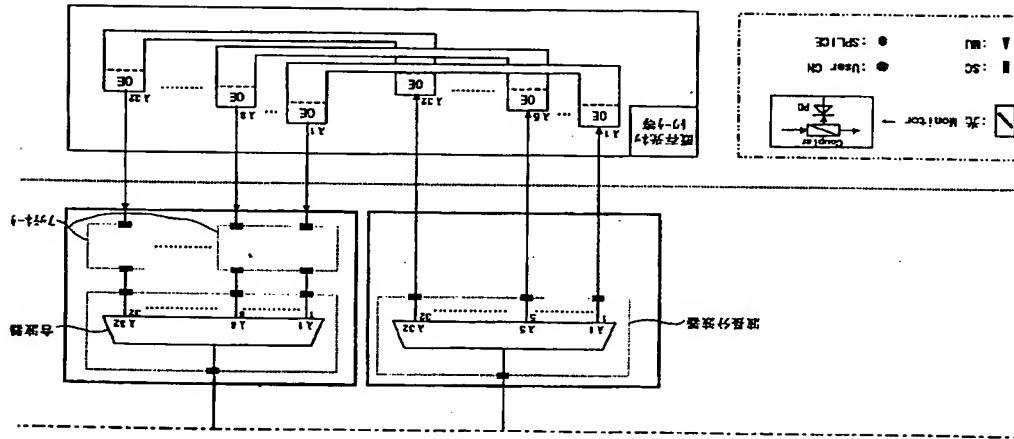
【図3】

AOTFを使ったブロードキャスト対応のOADM装置の構成例を示すブロック図



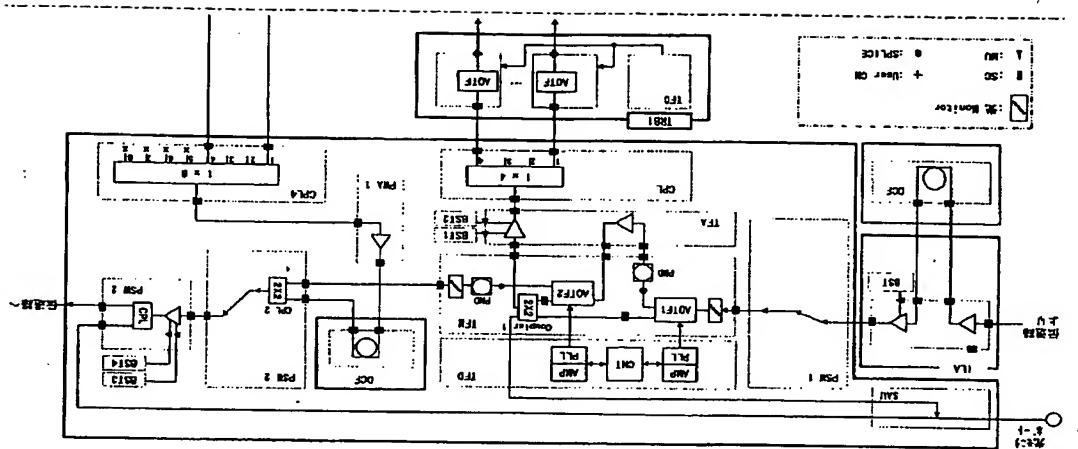
【図6】

AOTFを使用しOADM装置の具体的構成の
第1の例を示す図(その2)



【図7】

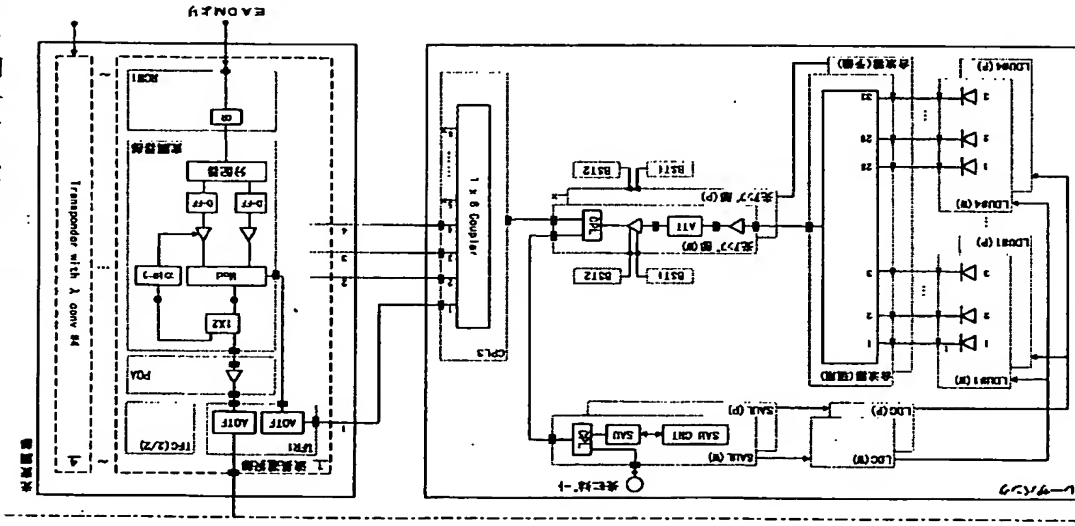
AOTFを用いたOADM装置の具体的構成の
第2の例を示す図(その1)



【8】

AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の

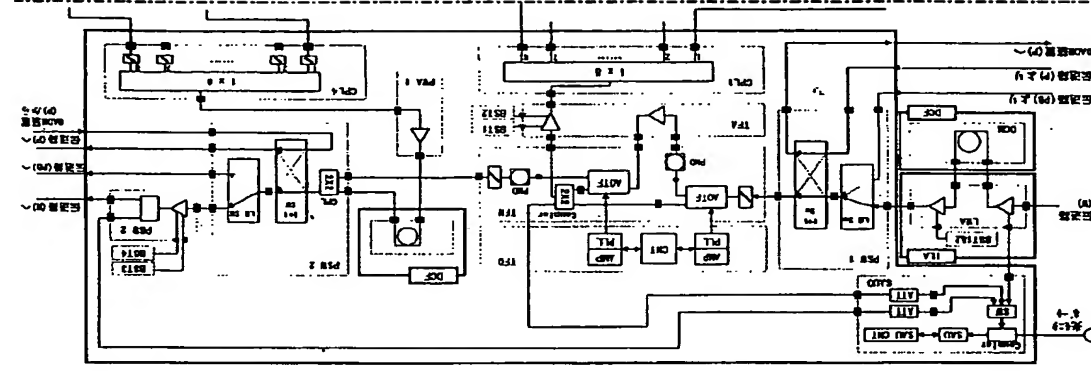
第2の例を示す図(その2)



【6】

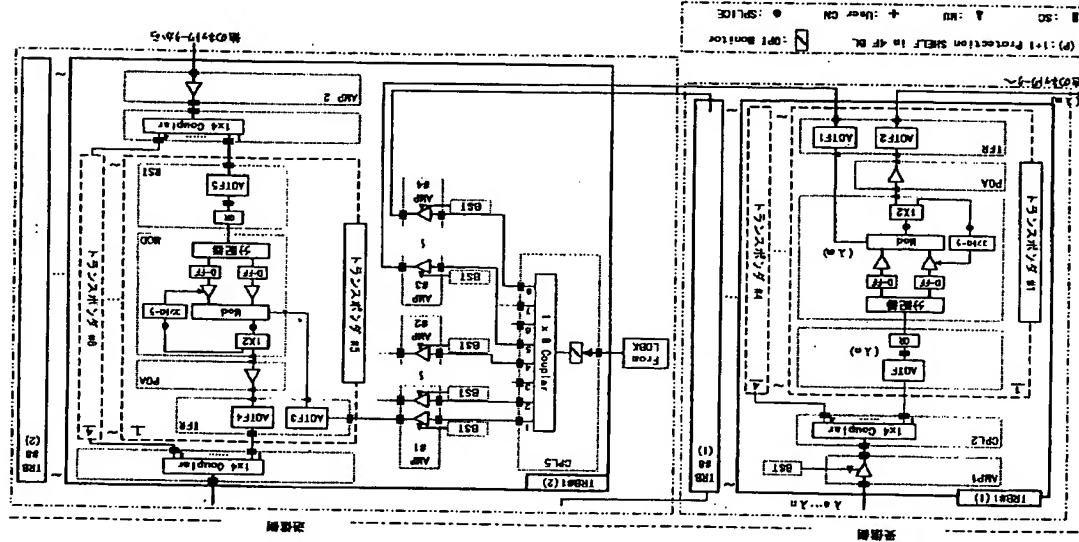
図 3 の例を示す AOTF を使った OADM 装置の具体的構成の第 3 の例を示す図

(301)



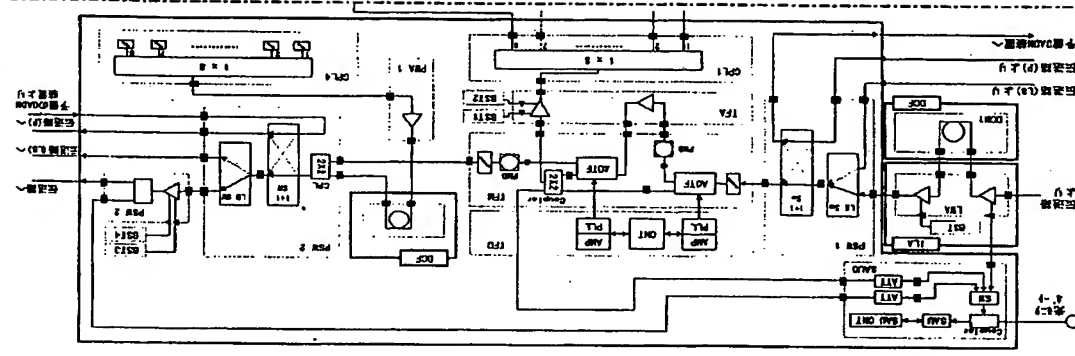
【図10】

AOTEを使ったOADM装置の具体的構成の第3の例を示す図
(その2)



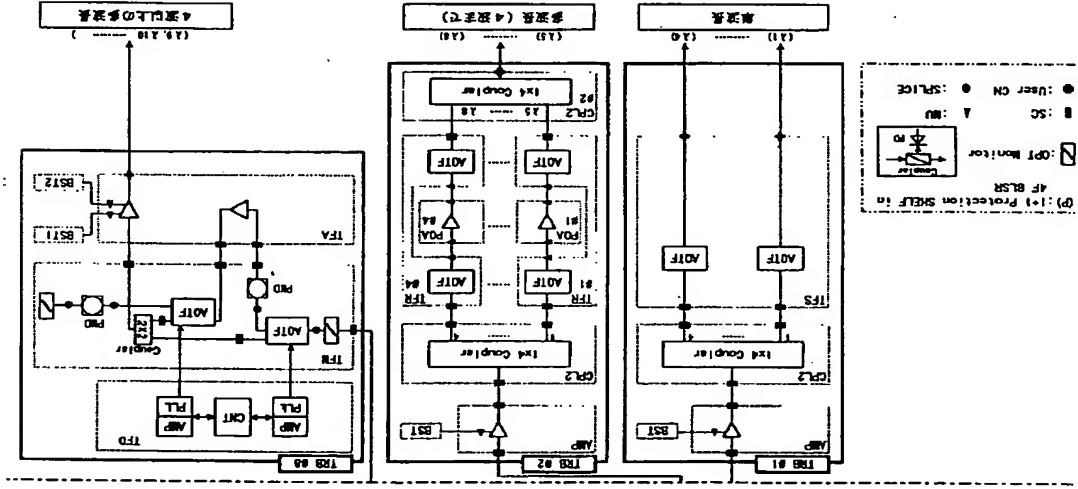
【図11】

AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の
第4の例を示す図 (その1)



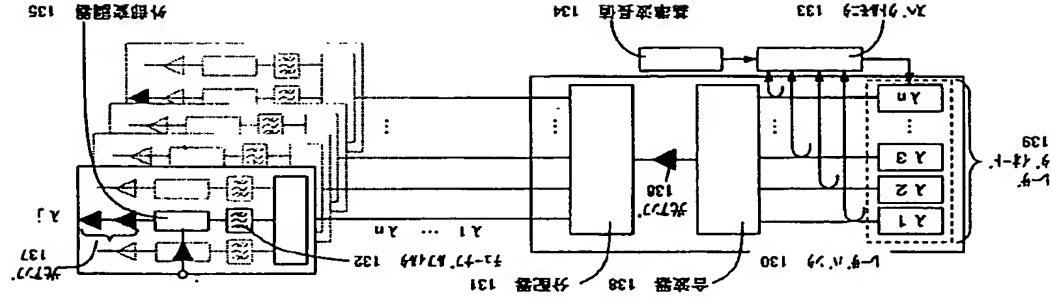
【例12】

AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の
第4の例を示す図 (その2)



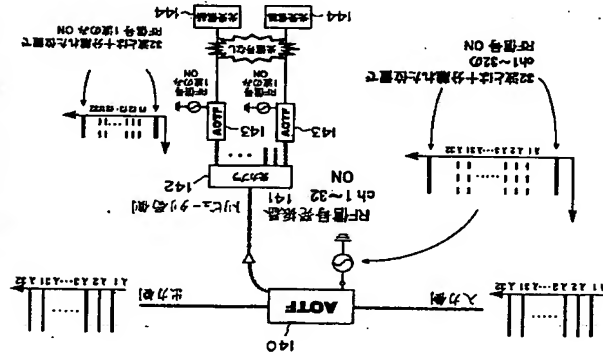
【图 13】

アド光信号を生成するための光を供給するために
使用されるレーザバンクの構成及び概念を説明する図



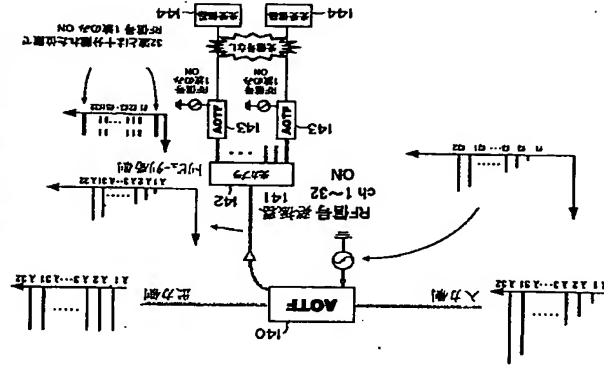
【図15】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その2)



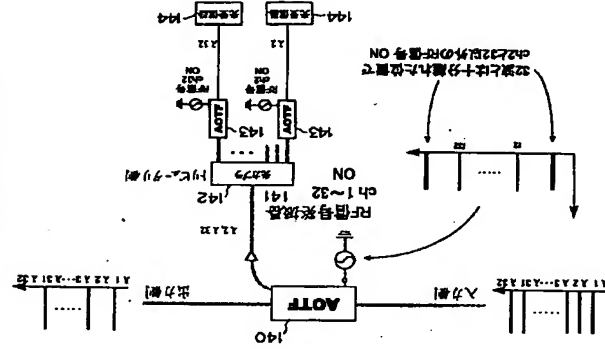
【図16】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その3)



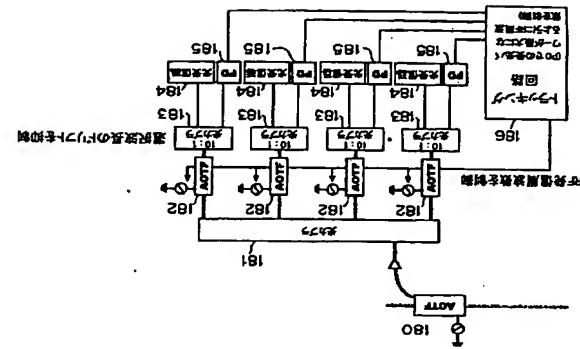
【図17】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その4)



【図18】

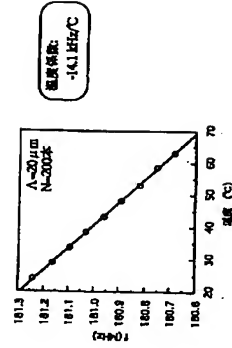
OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その5)



【図29】

AOTFの駆動回路の概略構成を示す第2の例を示す図

共振器の温度依存性を示す図



【図25】

共振器の温度依存性を示す図

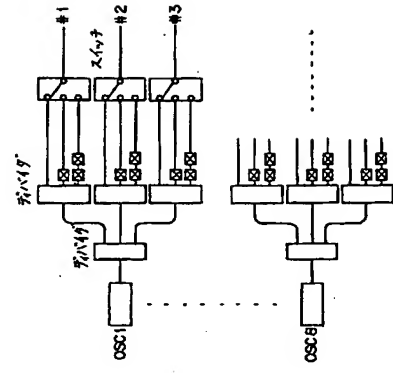
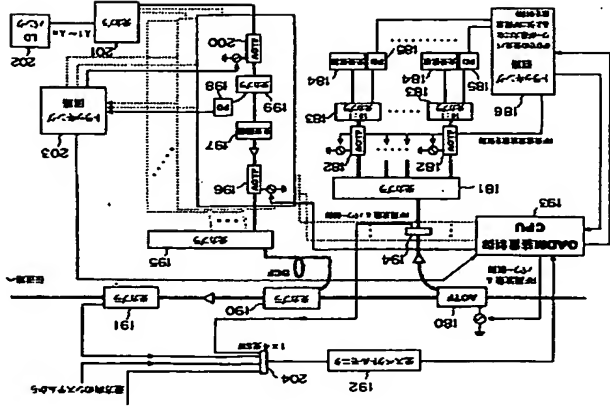


図 120° 位相遅延部

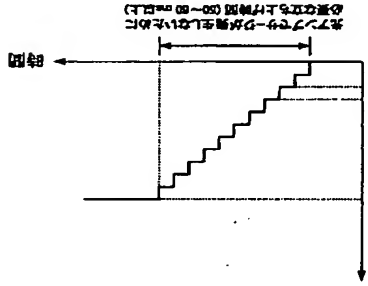
【図19】

OADM装置におけるドロップ用 AOTFの制御方法を説明する図 (その6)



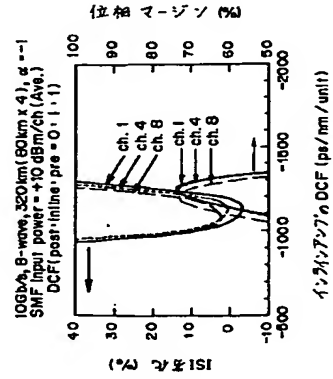
【図20】

OADM装置におけるドロップ用 AOTFの制御方法を説明する図 (その7)



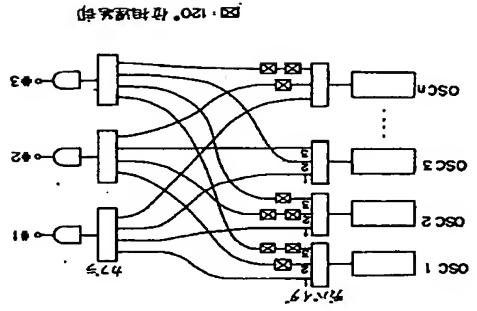
【図38】

分散補償と波形状化特性について示した図 (その1)



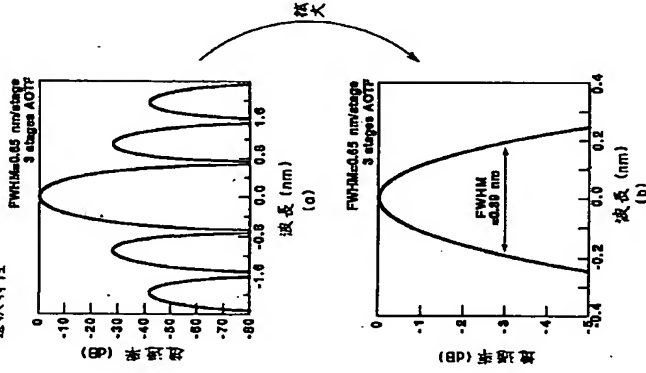
AOTF駆動回路の概略構成を示す第1の図を示す図

【図28】



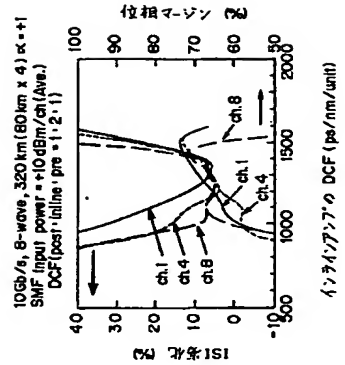
【図23】

図21の AOTFを3段モノリシックに基板上に構成し、同一周波数の SAWで波長置換した場合の波長選択特性



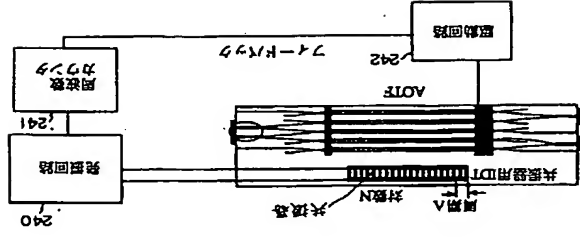
【図39】

分散補償と波形状化特性について示した図 (その2)



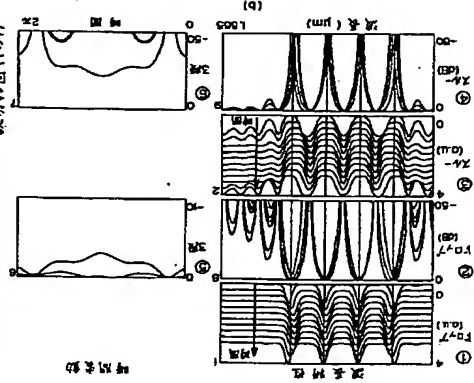
【図24】

AOTFの温度依存性に対する対応技術の説明する図



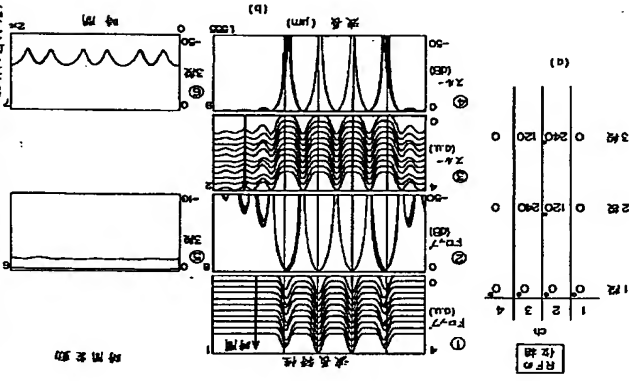
【図26】

3段構成のAOITFの選択特性の特性を、添った積上内装1
説明図(1)の1)



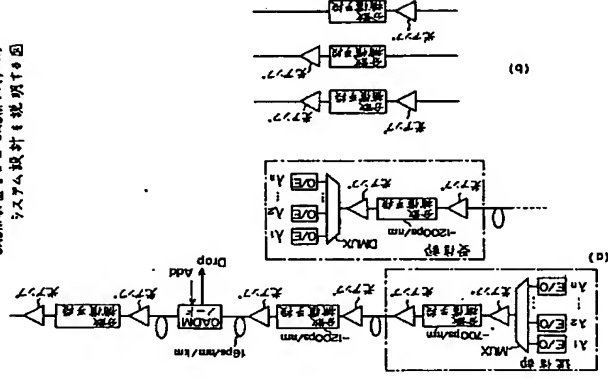
【図27】

3段構成のAOITFの選択特性の特性を、添った積上内装1
説明図(1)の2)



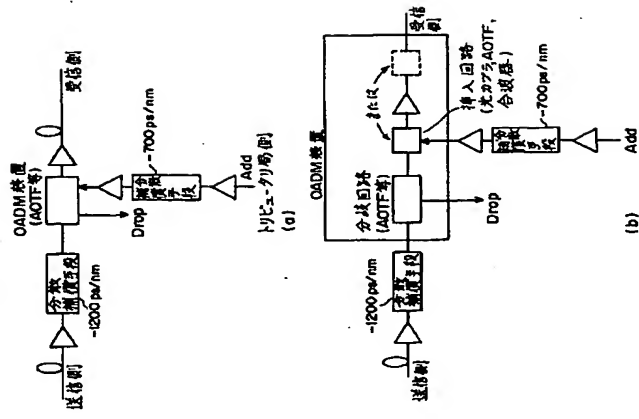
【図30】

OADM装置を含むOADMシステムの
システム設計を説明する図



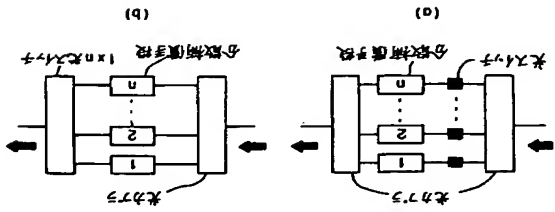
【図31】

OADM装置部分の分岐補償のための構成を示す図



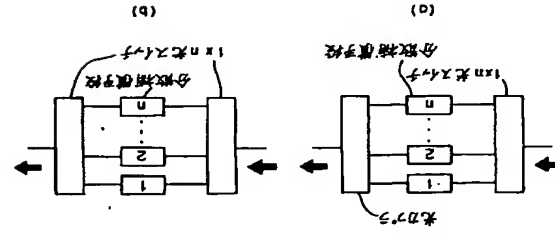
【図32】

送信部、受信部、及びOADM装置のアド例、
ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を
示す図(その1)



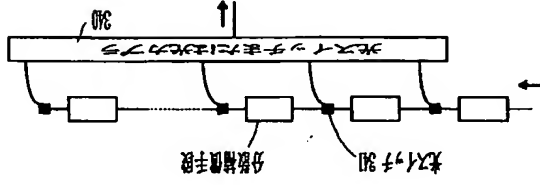
【図33】

送信部、受信部、及びOADM装置のアド例、
ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を
示す図(その2)



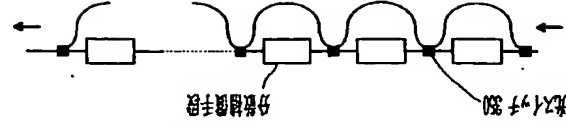
【図34】

分散補償手段の構成の変形例を示す図
(その1)



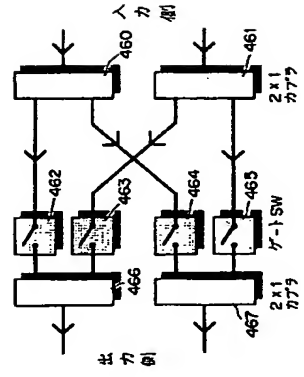
【図35】

分散補償手段の構成の変形例を示す図
(その2)



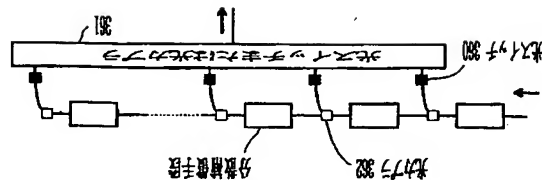
【図55】

光1+1プロテクションスイッチの構成例を示す図



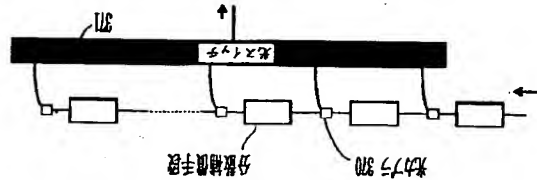
【図36】

分散補償手段の構成の成化例を示した図
(その3)



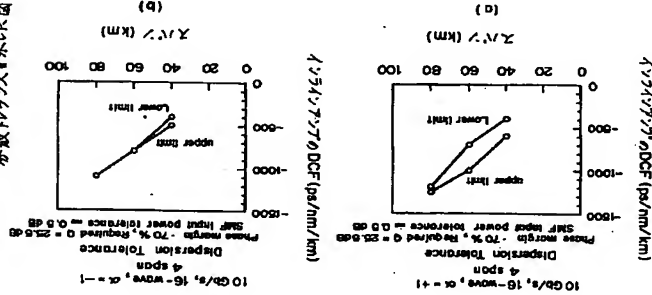
【図37】

分散補償手段の構成の成化例を示した図
(その4)



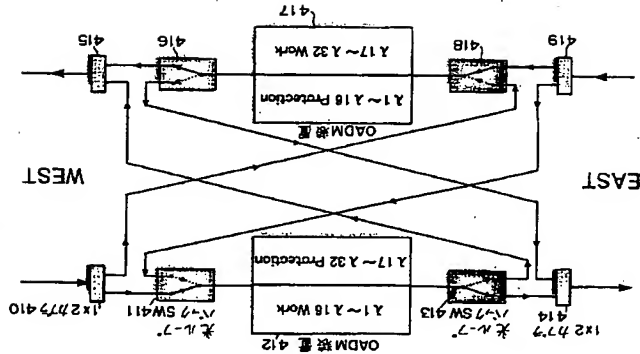
【図40】

位相マージンが70%以上である場合の
分散補償手段の成化例を示した図



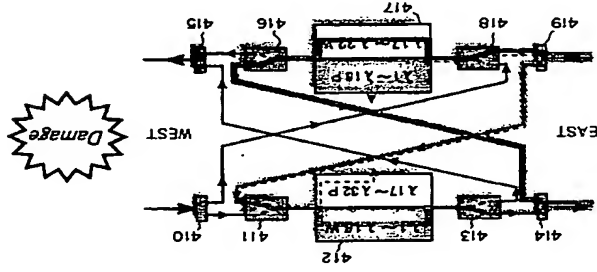
【図41】

271バズBLSRのOADMノードの構成を示した図



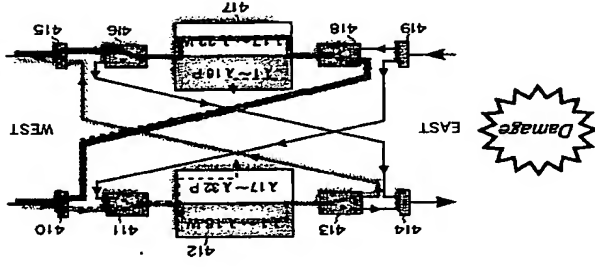
【図42】

2ファイバBLSRのOADMノードの
プロテクションパスを説明する図 (401)



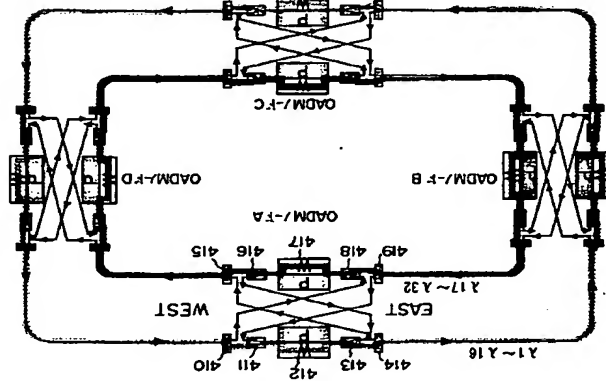
【図43】

2ファイバBLSRのOADMノードの
プロテクションパスを説明する図 (402)



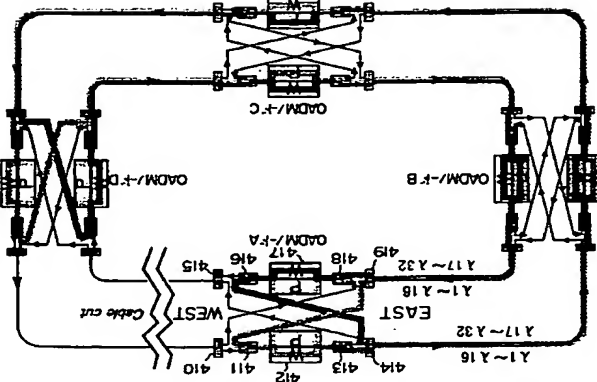
【図44】

OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの
正常時の構成を説明する図



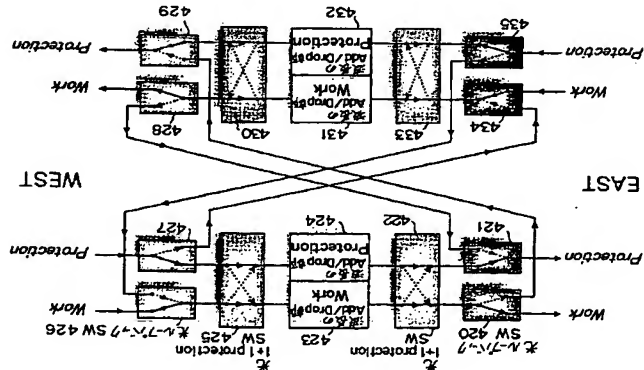
【図45】

OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの
光ケーブル断線時の構成を説明する図



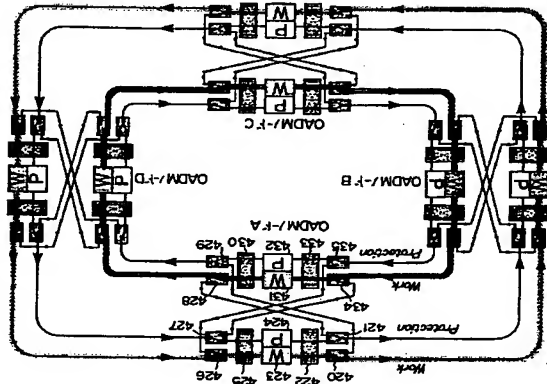
【図46】

477/1X BLSRのOADMノードの構成を示す図



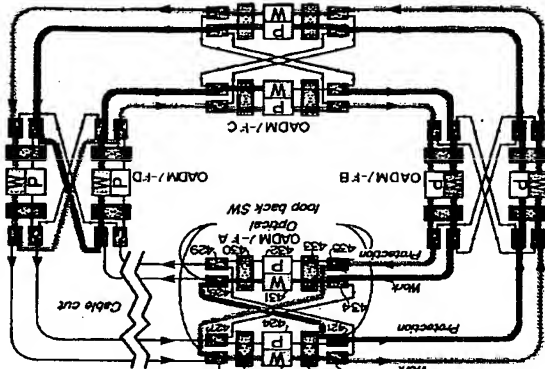
【図47】

OADMノードを備えた477/1X BLSRネットワークの正常時の構成を説明する図



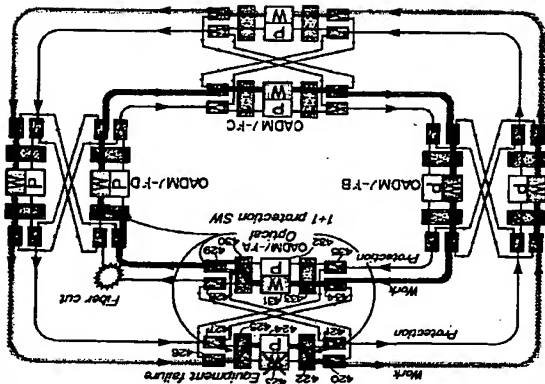
【図48】

OADMノードを備えた477/1X BLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図



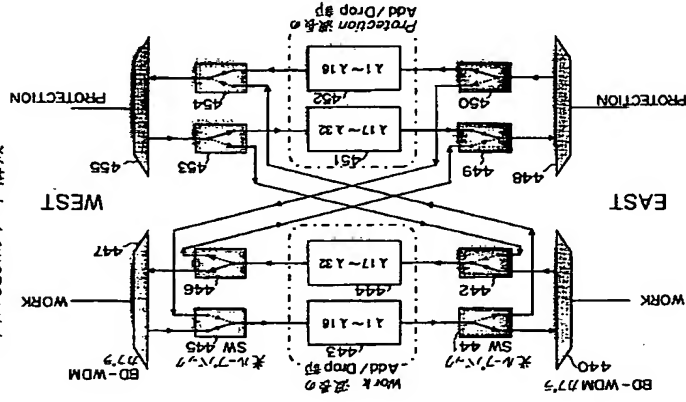
【図49】

OADMノードを備えた477/1X BLSRネットワークのノード障害・光ケーブル断線時の構成を説明する図



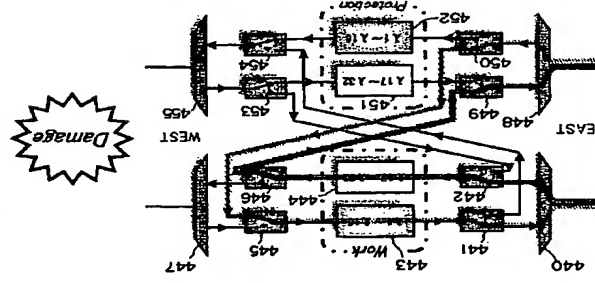
【図50】

1つのファイバで両方向伝送を行うシステムにおける
2ファイバBLSRのノード構成



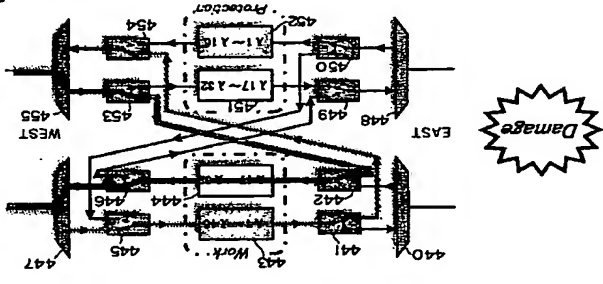
【図51】

2ファイバBLSRネットワークに双方向OADMノードを
適用した場合のプロテクションパスを説明する図
(その1)



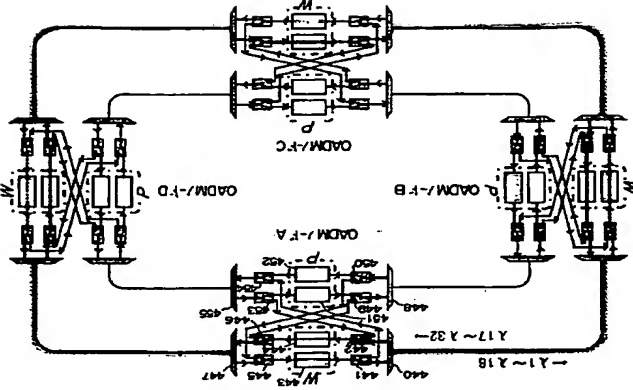
【図52】

2ファイバBLSRネットワークに双方向OADMノードを
適用した場合のプロテクションパスを説明する図
(その2)



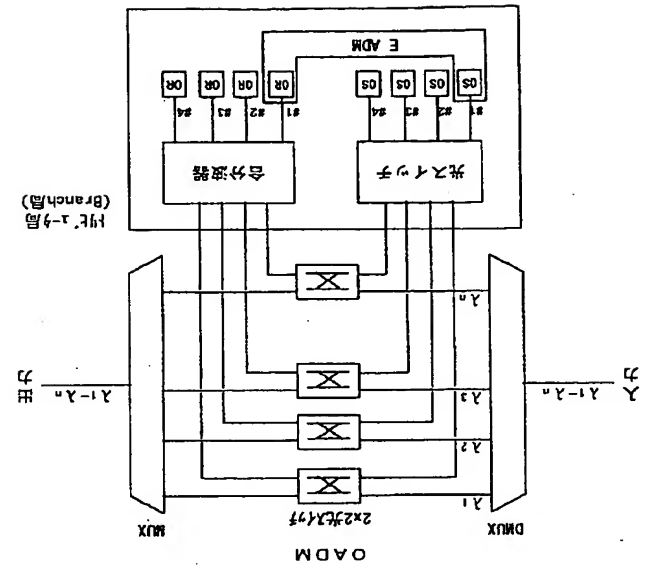
【図53】

双方向 OADM ノードを備えた 2ファイバ
BLSR ネットワークの正常時の構成を説明する図



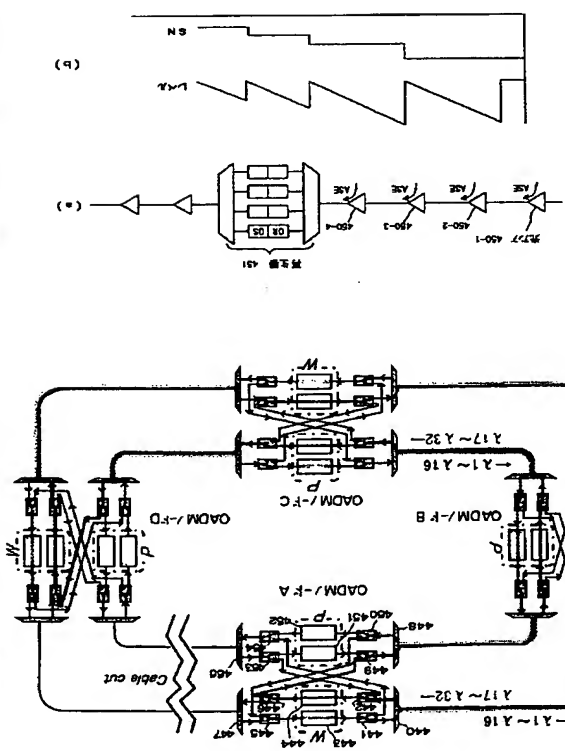
【図57】

光スイッチを用いた光ADM(OADM)装置の構成の一例を示した図



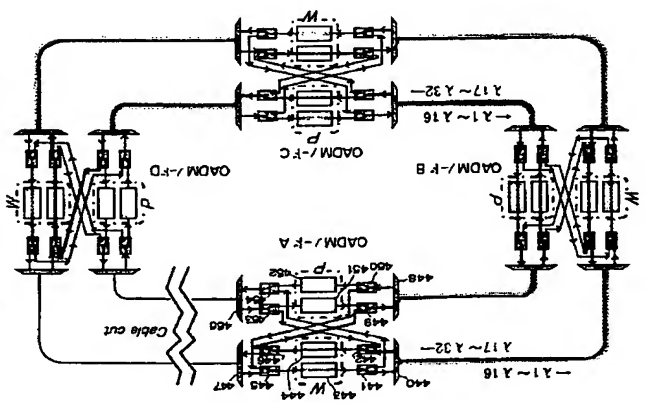
【図56】

光伝送路において再生器をどのように挿入するのに関わる考え方を説明する図



【図54】

双方向OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図



フロントページの続き

F I

識別記号

(51) Int. Cl.[°]
H04 J 14/02

(72) 発明者 大塚 和恵

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 甲斐 雄高

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 中沢 忠雄

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 近岡 輝英

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内